

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

El cultivo del maíz en Bolivia fue y será uno de los alimentos más importantes por su alto rendimiento, su contenido de nutrientes en forma concentrada, que hacen de este producto el principal cultivo agrícola en muchos países.

El cultivo del maíz (*Zea mays* L.) se cree que es originario de los lugares que son: los valles altos del Perú, Ecuador y Bolivia como el sur de México y América Central. Este cultivo se adapta ampliamente a diversas condiciones ecológicas y edáficas que bajo condiciones climáticas de humedad o mediante el aporte de riego es el más productivo de los cereales, razón por la cual es cultivado en casi todo el mundo y ocupa actualmente la tercera posición entre los cereales más cultivados después del trigo (*Triticum vulgare*) y el arroz (*Oryza sativa*), siendo la producción mundial de maíz en los últimos años de 360000000 Tn., correspondiéndole a EE.UU. el 50% de este total según el INIAF (INIAF, 2014). Del total de la producción mundial mencionada, el 70% se produce para el consumo animal en forraje (heno, silo).

El saldo de la producción mundial se produce para el consumo humano, que puede ser consumido, tanto, en grano (madurez fisiológica), como en choclo, esta última en menor cantidad. Este cereal es consumido principalmente por los pueblos indígenas de México, América Central y América del Sur. En Bolivia el maíz se cultiva aproximadamente 285.000 has., con un rendimiento promedio de 2 a 3 T/has. y una producción de 570 Tn. El trópico de Santa Cruz se constituye como líder en las superficies de siembra y de producción a nivel nacional, seguido en orden de importancia productiva por los departamentos de Chuquisaca, Tarija, Cochabamba (PROMOSUR, 2002). En el departamento de Tarija se cultivan aproximadamente 77000 has. de maíz con rendimiento promedio de 3.25 Ton/ha, siendo la producción total de aproximadamente 227500 Ton, localizándose en tres zonas bien diferenciadas: la zona del valle central con una superficie aproximada de 10000 has., la región Sub

Andina (provincia O'Connor) con 21000 has. aproximadamente y por último del Chaco con el 50 % de la producción total con un aproximado de 30000 has. (INE, 2008)

Las variedades de maíces bolivianos son el resultado de millares de años de selección para la adaptación medio ambiental y culinaria. Los contrastes de clima y de suelo constituyen la principal característica del territorio de Bolivia. Las civilizaciones de los habitantes en este territorio que más aportaron a la diferenciación de las razas actuales de maíz fueron aquellas de los pobladores Aymaras en el oeste, los Sauces en el centro y los Yamparas en el sur (Gonzalo Ávila Lara, 2008).

En el Valle Central de Tarija, se presentan áreas ecológicas muy diferentes, existiendo una amplia riqueza genética de maíz que es necesaria aprovecharla, prevalecen en dichas regiones maíces de tipo morocho y los harinosos con una gran variabilidad en el tipo de grano, forma, color y algunos con amplia capacidad de adaptación a las diferentes condiciones ambientales.

Investigaciones de interés a nivel internacional:

Brasil (Río Branco, 2021)

Se evaluaron diez familias de medios hermanos de maíz nativo usando selección masal estratificada y selección individual entre y dentro de familias. Se midieron características como diámetro de tallo, longitud y diámetro de mazorca, número de hileras y granos por hilera, masa de mazorca y masa total de grano.

Resultados: La selección masal estratificada generó mayores ganancias de selección que la individual. Por ejemplo, la ganancia genética estimada para masa de mazorca fue de 54,45 % y para masa total de grano de 48,37 %. En general, la selección masal estratificada fue más eficiente para explotar la variabilidad genética y mejorar el rendimiento de las poblaciones nativas (Scielo Brasil, 2024).

Guatemala (Proyecto Buena Milpa)

En comunidades rurales, la selección masal estratificada permitió a los productores reducir la altura de las plantas de maíz de 4-5 metros a 1.6 metros, disminuyendo las pérdidas por acame (caída de la milpa).

Resultados: Se logró mantener y mejorar las características fenotípicas deseadas, aumentar la producción y estabilidad del cultivo, y fortalecer la conservación de semillas nativas a nivel comunitario (Rivera López, 2021).

Investigaciones de interés a nivel nacional:

El Programa Nacional de Maíz (INIAF) aplicó la selección masal estratificada en variedades nativas priorizadas, eliminando plantas indeseables mediante emasculación de la flor masculina y seleccionando plantas homogéneas en altura, inserción de mazorca y sanidad.

Resultados: Se obtuvo semilla más homogénea y estable, con mayor pureza varietal y cantidad suficiente para abastecer la demanda local. Cada ciclo de multiplicación produjo variedades más homogéneas y distintas, facilitando la conservación de características fenotípicas y mejorando el rendimiento (Claure, 2016).

Investigaciones de interés a nivel local:

Valles de Tarija y Centro de Investigación Agroforestal y Agro administrativo El Bañado (CIAA-EB) trabajaron con variedades criollas (Perlita Criollo, Canario y Kulli) bajo selección masal estratificada, seleccionando plantas con fenotipo similar y realizando cosechas masales compuestas de semillas.

Resultados: Las poblaciones de maíz mejoraron en homogeneidad y estabilidad fenotípica, eliminando plantas atípicas y manteniendo características como altura de planta, inserción de mazorca y sanidad. Se incrementó el rendimiento de campo y la uniformidad en la floración y prolificidad. Se obtiene semilla pura y homogénea, fortaleciendo la capacidad de los productores para conservar y multiplicar sus propias variedades nativas (Claure, 2016).

CAPITULO I

INTRODUCCION

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

El cultivo del maíz en Bolivia fue y será uno de los alimentos más importantes por su alto rendimiento, su contenido de nutrientes en forma concentrada, el principal cultivo agrícola en muchos países.

El cultivo del maíz (*Zea mays* L.) se cree que son originarios de dos lugares que son: los valles altos del Perú, Ecuador y Bolivia como el sur de México y América Central. Este cultivo se adapta ampliamente a diversas condiciones ecológicas y edáficas que bajo condiciones climáticas de humedad o mediante el aporte de riego es el más productivo de los cereales, razón por la cual es cultivado en casi todo el mundo y ocupa actualmente la tercera posición entre los cereales más cultivados después del trigo (*Triticum vulgare*) y el arroz (*Oryza sativa*), siendo la producción mundial de maíz en los últimos años de 360000000 Ton, correspondiéndole a EE.UU el 50% de este total según el (INIAF, 2014) Del total de la producción mundial mencionada, el 70% se produce para el consumo animal en forraje (heno, silo).

El saldo de la producción mundial se produce para el consumo humano, que puede ser consumido en grano (madurez fisiológica), como en choclo, esta última en menor cantidad. Este cereal es consumido principalmente por los pueblos indígenas de México, América Central y América del Sur. En Bolivia el maíz se cultiva aproximadamente 285.000has., como un rendimiento Promedio de 2^a3 T/has. Y una producción de 570 TM. En el trópico de Santa Cruz se constituye como líder en las superficies de siembra y de producción a nivel nacional, seguido en orden de importancia productiva por los departamentos de Chuquisaca, Tarija, Cochabamba (PROMOSUR.2002). En el departamento de Tarija se cultivan aproximadamente 77000 ha de maíz con rendimiento promedio de 3.25 ton/ha, siendo la producción total de aproximadamente 227500 ton, localizándose en tres zonas bien diferenciadas: la zona del valle central con una superficie aproximada de 10000has, la región Sub Andina (provincia O'Connor) con 21000 has aproximadamente y por último del chaco con el 50% de la producción total con un aproximado de 30000has. (INE, 2008)

Las variedades de maíces bolivianos son el resultado de millares de años de selección para la adaptación medio ambiental y culinaria. Los contrastes de clima y de suelo constituyen la principal característica del territorio de Bolivia. Las civilizaciones de los habitantes en este territorio que más aportaron a la diferenciación de las razas actuales de maíz fueron aquellas de los pobladores Aymaras en el oeste, los Saucos en el centro y los Yamparas en el sur (Gonzalo Ávila Lara 2008).

En el Valle Central de Tarija, se presentan áreas ecológicas muy diferentes existiendo una amplia riqueza genética de maíz que es necesaria aprovecharla, prevalecen en dichas regiones maíces de tipo morocho y los harinosos con una gran variabilidad en

el tipo de grano, forma, color y algunos con amplia capacidad de adaptación a las diferentes condiciones ambientales.

Investigaciones de interés a nivel internacional:

Brasil (Río Branco, 2021)

Se evaluaron diez familias de medios hermanos de maíz nativo usando selección masal estratificada y selección individual entre y dentro de familias. Se midieron características como diámetro de tallo, longitud y diámetro de mazorca, número de hileras y granos por hilera, masa de mazorca y masa total de grano.

Resultados: La selección masal estratificada generó mayores ganancias de selección que la individual. Por ejemplo, la ganancia genética estimada para masa de mazorca fue de 54,45% y para masa total de grano de 48,37%. En general, la selección masal estratificada fue más eficiente para explotar la variabilidad genética y mejorar el rendimiento de las poblaciones nativas (SciELO Brasil, 2024).

Guatemala (Proyecto Buena Milpa)

En comunidades rurales, la selección masal estratificada permitió a los productores reducir la altura de las plantas de maíz de 4-5 metros a 1.6 metros, disminuyendo las pérdidas por acame (caída de la milpa).

Resultados: Se logró mantener y mejorar las características fenotípicas deseadas, aumentar la producción y estabilidad del cultivo, y fortalecer la conservación de semillas nativas a nivel comunitario (Rivera López, 2021).

Investigaciones de interés a nivel nacional:

El Programa Nacional de Maíz (INIAF) aplicó la selección masal estratificada en variedades nativas priorizadas, eliminando plantas indeseables mediante emasculación de la flor masculina y seleccionando plantas homogéneas en altura, inserción de mazorca y sanidad.

Resultados: Se obtuvo semilla más homogénea y estable, con mayor pureza varietal y cantidad suficiente para abastecer la demanda local. Cada ciclo de multiplicación produjo variedades más homogéneas y distintas, facilitando la conservación de características fenotípicas y mejorando el rendimiento (Claure, 2016).

Investigaciones de interés a nivel local:

Valles de Tarija y Centro de Investigación Agroforestal y Agro administrativo El Bañado (CIAA-EB) trabajaron con variedades criollas (Perlita Criollo, Canario y Kulli)

bajo selección masal estratificada, seleccionando plantas con fenotipo similar y realizando cosechas masales compuestas de semillas.

Resultados: Las poblaciones de maíz mejoraron en homogeneidad y estabilidad fenotípica, eliminando plantas atípicas y manteniendo características como altura de planta, inserción de mazorca y sanidad. Se incrementó el rendimiento de campo y la uniformidad en la floración y prolificidad. Se obtiene semilla pura y homogénea, fortaleciendo la capacidad de los productores para conservar y multiplicar sus propias variedades nativas (Claure, 2016).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la comunidad de Pajonalcito, el cultivo de maíz criollo es una práctica tradicional de alto valor cultural y económico. Sin embargo, los agricultores enfrentan una limitante importante en cuanto al mejoramiento genético y rendimiento del cultivo, debido a la ausencia de una variedad establecida y a la falta de información técnica sobre las características morfológicas del mismo. En la actualidad, los productores realizan la selección de semillas de forma empírica, eligiendo mazorcas grandes, sanas y de plantas altas, sin conocer con certeza el origen ni las características genéticas de dichas semillas. Este procedimiento se lleva a cabo generalmente después de la cosecha, en el montón de mazorcas almacenadas en el patio, lo que genera una mezcla de semillas provenientes tanto de plantas deseables como de aquellas con características agronómicas poco favorables.

Como consecuencia, se perpetúa una población segregante sin uniformidad ni estabilidad fenotípica, dificultando el incremento del rendimiento y la conservación de características valiosas del cultivo. Ante esta problemática, se propone aplicar la técnica de selección masal estratificada, con el fin de identificar, caracterizar y seleccionar semillas superiores directamente en el campo, involucrando al agricultor en el proceso de selección, pero con un enfoque más técnico y estructurado. Esta metodología permitirá minimizar la influencia de factores ambientales, evaluar la heredabilidad de caracteres clave, y contribuir al desarrollo de una población más homogénea y de mayor valor agronómico, lo que podría traducirse en mejores rendimientos y una mayor sostenibilidad del cultivo de maíz criollo en la región.

JUSTIFICACIÓN

Justificación científica

La caracterización de semillas segregantes de maíz criollo mediante la técnica de selección masal estratificada responde a la necesidad de generar conocimientos agronómicos sólidos sobre una población de cultivo poco estudiada. Este enfoque permite evaluar la variabilidad fenotípica en caracteres clave (altura de planta, longitud de mazorca, número de hileras, entre otros), identificar genotipos con mayor potencial

agronómico y estimar la heredabilidad de dichos caracteres. La aplicación de métodos científicos en el manejo y mejoramiento del maíz criollo no solo contribuirá al desarrollo de variedades más estables y productivas, sino que también permitirá sistematizar procesos de selección que tradicionalmente han sido empíricos, fortaleciendo el vínculo entre el conocimiento campesino y la ciencia agronómica.

Justificación económica

Desde una perspectiva económica, mejorar la calidad genética y fenotípica del maíz criollo mediante una selección más precisa incidirá directamente en el rendimiento del cultivo, lo que se traduce en un mayor volumen de producción por unidad de superficie. Esto puede reducir los costos por unidad de producto, incrementar los ingresos del agricultor y mejorar la eficiencia del uso de los recursos. Además, al obtener semillas de mejor calidad dentro de la misma comunidad, se reduce la dependencia de semillas comerciales externas, lo cual fortalece la soberanía alimentaria y disminuye gastos innecesarios en la compra de insumos. A largo plazo, la implementación de esta técnica puede ser replicable en otras comunidades con características similares, favoreciendo el desarrollo económico rural.

Justificación social

El proyecto tiene una alta relevancia social, ya que involucra directamente a los agricultores en el proceso de selección y mejoramiento del cultivo, reconociendo y revalorizando su conocimiento ancestral. Al fortalecer su capacidad técnica en la selección de semillas, se fomenta la participación activa de la comunidad en la conservación y mejora de su patrimonio genético local. Asimismo, se promueve el trabajo colaborativo, la transmisión intergeneracional de conocimientos y la autosuficiencia productiva, lo cual mejora la calidad de vida de las familias campesinas y refuerza su identidad cultural ligada al maíz criollo.

Justificación ambiental

La selección masal estratificada aplicada en campo favorece el uso racional de la biodiversidad local sin recurrir a métodos intensivos ni al uso de insumos químicos externos. Al conservar y mejorar una variedad criolla adaptada a las condiciones agroecológicas de Pajonalcito, se promueve la resiliencia del sistema agrícola frente a variaciones climáticas y plagas. Además, la implementación de este método contribuye a la conservación in situ de recursos fitogenéticos y a la sostenibilidad de agroecosistemas tradicionales. A mediano y largo plazo, esta estrategia representa una alternativa agroecológica viable frente a la homogeneización genética impuesta por el mercado.

OBJETIVOS

Objetivo general

Caracterizar semillas segregantes del maíz mediante la aplicación de la técnica de selección masal estratificada, con el propósito de identificar y seleccionar semillas de mejor calidad que permitan al agricultor incrementar el rendimiento y conservar por más tiempo las características fenotípicas del cultivo en la comunidad de Pajonalcito.

Objetivos específicos

- Determinar la variabilidad fenotípica en características agronómicas clave (altura de planta, altura de mazorca, longitud y diámetro de la mazorca, número de hileras y granos por hilera) en la población de maíz segregante.
- Estimar la heredabilidad de características agronómicas clave en una población segregante de maíz, a partir del análisis de la variabilidad fenotípica, con el fin de identificar los atributos con mayor potencial para la selección genética.
- Seleccionar genotipos superiores mediante técnicas que minimicen la influencia de factores ambientales, contribuyendo a la obtención de semillas con alto valor agronómico y estabilidad fenotípica.

HIPÓTESIS

Hipótesis nula: No existe variabilidad fenotípica significativa en las semillas segregantes de maíz seleccionadas mediante la técnica de selección masal estratificada en la comunidad de Pajonalcito.

Hipótesis alternativa: Existe variabilidad fenotípica significativa en las semillas segregantes de maíz seleccionadas mediante la técnica de selección masal estratificada en la comunidad de Pajonalcito.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

ORIGEN

El maíz domesticado evolucionó de las poblaciones silvestres de teosinte o teocintle (*Zea mays ssp. parviglumis*), en el Valle del Río Balsas (ubicado al sur de México) (Silva et al., 2020; Kistler et al., 2018). Esta es conocida como la teoría unicéntrica del origen del maíz que está respaldada por evidencia científica en el ámbito antropológico, arqueológico y genético (Silva et al., 2020). Estudios genéticos de muestras arqueológicas (arqueogenomas) revelan que el maíz fue parcialmente domesticado en México, a partir de la planta o teocintle, estas formas semi domesticadas se extendieron a América del Sur donde se dieron las etapas finales de su domesticación generando diversas variedades locales de maíz. Es decir, las poblaciones humanas transportaron formas semidomesticadas de maíz hacia América del Sur y se generó un centro secundario de mejoramiento para el maíz parcialmente domesticado (Kistler et al., 2018). Estos eventos de domesticación dieron lugar a una amplia diversidad de razas de maíz a lo largo de su distribución en América y una compleja historia de origen para el maíz (Nogales Ascarrunz & Enzo Aliaga, 2021).

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 (Bedoya et al., 2017). El maíz llegó a Bolivia por diversas rutas hace unos 5 000 años (Ortiz, 2012; Bedoya Salazar, 2012). Las formas semidomesticadas 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) (Ortiz, 2012). 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 (García Doria Medina, 2017). 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 (Asturias, 2004; Villanueva Criales, 2008). Para la cultura Tiwanacota, el maíz además de 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) (Chávez Quispe, 2010). 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 (Canterla 1969, García Doria Medina 2017). 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 (chiriguano, guaraní, chiquitano y otros), tenían al maíz como cultivo básico, también sembraban ecotipos de maíz específicos para chicha (Ortiz, 2012). 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 (García Doria Medina, 2017). 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 (Chávez Quispe, 2010). Durante la época del imperio incaico que se expandió por tierras altas y bajas, la alimentación estaba basada en maíz (Ruiz Mendoza, 2016). 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) (Asturias, 2004). 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 (MCyT, 2018). 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) (Nogales Ascarrunz & Enzo Aliaga, 2021).

TAXONOMÍA DEL MAÍZ

La clasificación taxonómica del maíz.

- Reino: Vegetal
- Phillum: Telemophytae
- División: Tracheophytae
- Subdivisión: Anthophyta
- Clase: Angiosperma
- Subclase: Monocotyledoneae
- Orden: Poales
- Familia: Poaceae
- Subfamilia: Panicoideae
- Tribu: Maydeae

- Nombre científico: *Zea mays* L.
- Nombre común: Maíz

Fuente: (Universidad Autonoma Juan Misael Saracho, Tarija-Bolivia, 2014)

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Las características morfológicas de este cultivo son fundamentales para el estudio de la variabilidad genética y la conservación de los recursos genéticos. El maíz es una planta monocotiledónea, anual, de porte robusto y muy cultivada a lo largo de todo el mundo. Entre las principales características morfológicas del maíz según las definiciones de Manrique, 1997; Paliwal, 2011; Poehlman & Sleper, 2003; Oscanoa & Sevilla, 2011 (Nogales Ascarrunz & Enzo Aliaga, 2021).

Raíz

Posee un sistema radicular fasciculado bastante extenso formado por tres tipos de raíces: Las raíces primarias emitidas por la semilla comprenden la radícula y las raíces seminales.

Las raíces principales o secundarias que comienzan a formarse a partir de la corona, por encima de las raíces primarias, constituyen la casi totalidad del sistema radicular.

Las raíces aéreas o adventicias nacen en último lugar, en los nudos de la base del tallo, por encima de la corona. Las principales funciones de la raíz son aporta nutrientes a la planta y anclaje (InfoAgro, 2008).

Tallo

El tallo del maíz es erecto, tiene aspecto de caña, sin ramificaciones, de elevada longitud y está constituido por un eje vertical sólido, alargado y cilindro – cónico, terminado en un penacho.

El tallo está formado por entrenudos separados por nudos más o menos distantes. Cerca del suelo, los entrenudos son cortos y de los nudos nacen raíces aéreas. El grosor del tallo disminuye de abajo hacia arriba. Su sección es circular, pero desde la base hasta la inserción de la mazorca presenta una depresión que va haciéndose más profunda conforme se aleja del suelo. Desde el punto en que nace el pedúnculo que sostiene la

mazorca, la sección del tallo es circular hasta la panícula o inflorescencia masculina, que corona la planta (InfoAgro, 2008).

Hojas

Las hojas son paralelinervias (los nervios tienden a ser paralelos), cuentan con una vaina que nace de cada nudo el cual las dispone de manera alterna a lo largo del tallo. Cerca de las inflorescencias femeninas se encuentran las hojas modificadas llamadas brácteas, cuya función es proteger al fruto. Las brácteas son mayormente verdes, sin embargo, en algunos tipos de maíz presentan una coloración morada (ej. maíz Kulli). Esta coloración morada es otorgada por el pigmento llamado antocianina, el cual tiene propiedades antioxidantes (InfoAgro, 2008).

Flores o inflorescencia

El maíz es una planta monoica, es decir, lleva en cada pie de planta, flores masculinas y femeninas. Las flores masculinas se agrupan en una panícula (penachos o pendones) terminal, y las femeninas se reúnen en varias espigas (panojas o mazorcas) que nacen de las axilas de las hojas del tercio medio de la planta.

Las flores masculinas tienen de 6-8 mm, salen por parejas a lo largo de muchas ramas finas de aspecto plumoso, situadas en el extremo superior del tallo. Cada flor masculina tiene tres estambres largamente filamentosos. Las espiguillas femeninas se agrupan en una ramificación lateral gruesa, de forma cilíndrica, cubierta por brácteas foliadas. Sus estilos sobresalen de las brácteas y alcanzan una longitud de 12 a 20 cm formando su conjunto una cabellera característica que sale por el extremo de la mazorca. Se conocen vulgarmente con el nombre de sedas o barbas. Cada flor femenina, si es fecundada en su momento, dará lugar a un fruto en forma de grano, más o menos duro, lustroso, de color amarillo, púrpura o blanco (InfoAgro, 2008).

Inflorescencia masculina.

La inflorescencia masculina “espiga” o panoja está formada por espiguillas estaminadas conformadas por dos flores, cada una de estas flores posee tres anteras. Cuando las flores de la panoja se abren, se alargan unos filamentos que cumplen la

función de llevar las anteras al exterior de la flor, para liberar granos de polen. Cada antera produce aproximadamente 2500 granos de polen y en promedio cada panoja tiene 10 000 anteras, por lo cual se estima que una sola panoja de una planta normal puede producir 25 000 000 de granos de polen, es decir 25 000 granos de polen por cada óvulo o por cada grano de una mazorca de maíz. La liberación del polen inicia por lo general de uno a tres días antes de que los estigmas emerjan de los brotes de la misma planta y continúa durante tres a cuatro días después de que los estigmas se hacen receptivos al polen. La gran mayoría de los granos de polen viajan de 100 a 1000 m. (Kato et al., 2009). La inflorescencia femenina o mazorca está formada por espiguillas pistiladas. La mazorca es una espiga de forma cilíndrica con un raquis central donde se insertan las espiguillas por pares, cada espiguilla posee dos flores pistiladas, una de las flores tiene un óvulo fértil y el otro estéril, lo cual da como resultado un igual número de hileras de granos en la mazorca. La fecundación del segundo óvulo produce hileras atestadas y granos irregulares en la mazorca. Los estigmas están unidos al ápice del ovario, cumpliendo una doble función como estigma y estilo, por lo cual tiene la capacidad de recibir al polen en toda su longitud. La fecundación del óvulo ocurre por lo general dentro de las primeras 12 a 24 horas después de que los estigmas han sido polinizados.

El maíz es una especie de polinización abierta (alógama), principalmente por las características que poseen la inflorescencia masculina y femenina de cada planta, es por esta razón que el 95 por ciento de los óvulos son fecundados con polen de otras plantas y solo un 5 por ciento es fecundado con el mismo polen (Nogales Ascarrunz & Enzo Aliaga, 2021).

Fruto

Los frutos quedan agrupados formando hileras alrededor de un eje grueso. El fruto (grano) es una cariósipide (fruto seco e indehiscente a cuya única semilla está adherida el pericarpio (envuelta exterior del fruto), formada por la cubierta o pericarpio (6 % del peso del grano), el endospermo (80 %) y el embrión o germen y/o semilla (11 %) (InfoAgro, 2008).

Tipos de grano

Los granos de maíz pueden ser de tipos: Harinoso o blando, semiharinoso o semiblando, dentado, semidentado, duro o córneo, semiduro, reventón, dulce y semicristalino (Avila, J. et al, 1998).

Harinoso o blando, semiharinoso o semiblando

El endospermo está compuesto por un almidón blanco, que se raya fácilmente con la uña. Esta naturaleza blanda los hace susceptibles a la pudrición y a los gusanos de las mazorcas.

Las razas de maíz que poseen este tipo de grano tienen diversos colores (de algunos se extraen colorantes) (Nogales Ascarrunz & Enzo Aliaga, 2021).

Duro o córneo, semiduro

Los granos son redondos y duros, pero suaves al tacto. El endospermo está constituido de almidón duro córneo, sin embargo, el centro del grano está conformado de almidón blando. El maíz duro tiene una mejor germanización en comparación a los otros tipos de maíz en suelos húmedos y fríos. Este tipo de maíz es menos susceptible al ataque de insectos y mohos en el campo y el almacenamiento (Nogales Ascarrunz & Enzo Aliaga, 2021).

Dentado, semidentado

El endospermo tiene más almidón blando que los tipos duros, está limitado solo a los lados del grano. Cuando el grano se seca el almidón se contrae en la parte superior y produce una depresión, la cual le da apariencia de un diente. Respecto a otros tipos de grano, los maíces de tipo dentado generalmente son de mayor rendimiento. Este tipo de grano demora más tiempo en el sacado en comparación a los granos de tipo duro. Por otro lado, los maíces con estos tipos de grano son susceptibles a hongos e insectos en el campo (Nogales Ascarrunz & Enzo Aliaga, 2021).

Reventón

El endospermo está casi enteramente conformado por almidón duro, solo una pequeña proporción basal posee almidón blando. Estos tipos de grano son pequeños de pericarpio grueso, la forma varía entre oblongos y redondos. Cuando el grano se calienta (alrededor de 170 °C), el pericarpio revienta y el endospermo se expande (Nogales Ascarrunz & Enzo Aliaga, 2021).

Dulce

Los granos de tipo dulce tienen un alto contenido de azúcar. Los maíces con este tipo de grano portan genes recesivos en el cromosoma 4 que bloquean la conversión de algunos azúcares solubles en almidón. Debido a su sabor y consistencia, las mazorcas son consumidas cuando aún están verdes. Cuando los granos están maduros, son arrugados puesto que el poco almidón genera que el endospermo colapse. Los maíces con este tipo de grano son más susceptibles a enfermedades respecto a otros tipos de granos (Nogales Ascarrunz & Enzo Aliaga, 2021).

Semicristalino

Los granos tienen pericarpio cristalino, el endospermo es vítreo duro, cristalino y translúcido con almidón córneo, la cantidad de almidón en este tipo de grano es mayor respecto a otros tipos de grano (Nogales Ascarrunz & Enzo Aliaga, 2021).

VARIEDAD DE MAÍCES EN BOLIVIA

El maíz Morocho

El Morocho es un maíz andino con textura vítrea o cristalina, muy superficial, que tiene una amplia difusión en los valles altos de Bolivia. El MACIA, en 2003, señala que “esta variedad se la cultiva entre altitudes de 1.500 a 3.000 msnm. Es la raza más distribuida en los valles templados del país. La planta es de altura media y las mazorcas grandes y medianas de forma cilíndrica, con 8 a 12 hileras y marlo delgado de color blanco y rojo, sus granos son medianos de forma redonda de color amarillo”. Este tipo de maíz, según Ávila y Brandolini (1990), citado en Ávila (2008), pertenece al Complejo Racial Morocho; este término proviene del quechua muruchi, que hace

referencia al maíz semiduro. En este complejo racial están muchas razas —como Karapampa, Kellu, Morocho y Morochillo— y su adaptabilidad es muy amplia, por lo que, según este autor, ha llegado a zonas altas, como las orillas del Lago Titicaca (más de 3.800 msnm), donde se encuentra la raza Churi Tongo, y a zonas más bajas (menos de 1.000 msnm), con la raza Morocho Grande. Esta variedad es nativa y no se registra trabajos para la recuperación de este tipo de materiales, por ello el riesgo de pérdida es alto. Si bien la difusión de esta variedad es extensa, tiene una mayor presencia en los valles andinos y, en especial, en los departamentos de Cochabamba y Chuquisaca y Tarija (Ortiz, 2012).

El maíz Kulli

El maíz Kulli es una variedad nativa perteneciente al Complejo Racial de los Maíces harinosos de los valles templados; su característica más sobresaliente es el color morado oscuro de las mazorcas. Su distribución en Bolivia es muy amplia, aunque destacan los cultivos en el Departamento de Chuquisaca, en las provincias Zudáñez y Tomina. Al respecto, el MACIA (2003) señala que “su área de distribución se encuentra en los valles de Cochabamba, norte de Chuquisaca, valles de Tarija, Saavedra de Potosí y Caballero de Santa Cruz. Se la cultiva entre altitudes de 2.000 a 3.400 msnm”. El mismo documento menciona que “la planta del maíz kulli es de altura media, con escaso número de hojas casi siempre muy antociánicas⁸²; las mazorcas son medianas o pequeñas de forma cónica, con 10 a 14 hileras de granos, estos son grandes de forma ovoide de color violeta intenso casi negro y de consistencia harinosa”. Otro rasgo importante de la variedad es su mayor resistencia a periodos más prolongados de sequía, en comparación con otras variedades de maíz. Esta característica, a criterio de los productores, se convierte en un problema cuando hay periodos intensos de lluvias, por la disminución del rendimiento que repercute en los ingresos finales; además, es una variedad que necesita suelos con grados de fertilidad superiores en relación a otras variedades de maíz (Ortiz, 2012).

El maíz Perlita

Esta variedad pertenece al Complejo Racial Nativo Perla. Las actuales variedades, a criterio de Ávila y Brandolini (1971), citado por el MACIA (2003), derivarían del Complejo Racial Pisankalla. Se caracteriza por tener granos blancos de textura semivítrea. Se cultiva con exclusividad en la macroregión del Chaco boliviano, donde las condiciones son muy complicadas para el desarrollo de cualquier cultivo; pero esta variedad nativa ha demostrado cierta adaptabilidad y resistencia, lo que le permite mantenerse vigente por muchas décadas. El MACIA (2003) señala al respecto que “en la macroeco región del Chaco existen básicamente seis tipos de maíces que son usados de manera especial, estos son: el amarillo blando, el blanco blando, el perla blanco, el perla amarillo, la garrapata y el colorado. El maíz Perla destaca de forma principal en el Chaco del Departamento de Santa Cruz, en especial en los municipios de Camiri, Lagunillas y parte de Gutiérrez de la Provincia Cordillera; también se ha registrado su presencia en la zona de la Chiquitania (Ortiz, 2012).

VARIEDADES MEJORADAS

Variedad Aychasara 101

Variedad de grano mediano a grande, harinoso y de color blanco, destinado a la producción de choclo, mote y harina, tiene alto valor nutritivo, tiende de una alta tolerancia al palmarado y a la pudrición del tallo y la mazorca la cual permite cultivar en siembras tardías bajo condiciones de riego, tiene una buena adaptación en zonas situadas entre los 1800 y 2800 msnm (Fundación AGRECOL Andes, 2020).

Variedad Hualtaco

Medianamente alta, de nulo macollaje; hojas en número regular, índice de venación intermedio y borde finamente aserrado. Resistencia: Mediana resistencia a royas y susceptibilidad a helmintosporiosis, pudrición de tallo y mazorcas. Se adapta bien a las condiciones de los valles situados entre los 1800 y 2600 m.s.n.m. Esta variedad presenta grano mediano a grande, harinoso y de color blanco. Está destinada a la producción de choclo y de grano para la elaboración de maíz pelado. Tiene un porte

mediano a alto, lo cual permite la obtención de un alto volumen de forraje. Puede proporcionar una buena cantidad de forraje por tener un porte alto. Puede ser destinada a la producción de choclo (130 días) o de grano (150 días) para la elaboración de maíz pelado o para consumo en grano seco (Edgar Froilan, 2022).

Variedad Pairumani 3 (Choclero 3)

Es una variedad de grano grande, suave y de color blanco. Puede ser destinada a la producción de choclo (125 días) o de grano (180 días) para la elaboración de maíz pelado o para consumo en grano seco. Tiene planta de porte mediano, lo cual permite la obtención de un alto volumen de forraje. Una de sus principales características además de su alto rendimiento en grano, es su tolerancia alta a palmarado y pudriciones de tallo y tolerancia media a pudriciones de mazorca. Se adapta a las condiciones de los valles situados entre 2000 y 2800 metros de altitud y puede ser sembrado entre septiembre y fines de noviembre (Edgar Froilan, 2022).

EXIGENCIAS EDAFOCLIMÁTICAS

Exigencia de clima

El maíz requiere una temperatura de 25 a 30 °C. requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20 °C. El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8 °C y a partir de los 30 °C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes, minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32 °C (Ortigoza, J., et al, 2019).

Suelo

El maíz muestra notoria predilección por suelos ricos en materia orgánica y dotada de adecuadas propiedades físicas y biológicas del suelo. La adaptabilidad en este aspecto es igualmente importante, aunque sean más favorables los suelos francos, profundos y con elevado nivel de fertilidad. El suelo ideal para el cultivo de maíz es de textura intermedia, de franco a franco-arcilloso. Los suelos para el maíz deben ser bien drenados y aireados, al ser este uno de los cultivos menos tolerantes a la baja difusión

de aire en el suelo. El pH ideal para la siembra de maíz es de 5,5 a 7,0 existiendo fuera de estos límites problemas de toxicidad de ciertos elementos (Ortigoza, J., et al, 2019).

Clima

Para la germinación, la temperatura media diurna mínima debería de ser no menos de 10 °C, siendo la óptima entre 18 y 20 °C. Para el crecimiento soportan temperaturas como mínimo de 15 °C y como máxima de hasta 40 °C, siendo la ideal entre 20 a 30 °C. Y para la floración necesita temperaturas que estén en promedio de 20 a 30 °C. y con días soleados y noches frías. El periodo más crítico se sitúa durante e inmediatamente después de la floración. La falta de agua es el factor más limitante en la producción de maíz en las zonas tropicales y subtropicales. Cuando hay estrés hídrico o sequía durante las primeras etapas (15 a 30 días) de establecido del cultivo puede ocasionar pérdidas de plantas jóvenes, reduciendo así la densidad poblacional o estancar su crecimiento. Sin embargo, el cultivo puede recuperarse sin afectar seriamente el rendimiento. Cerca de la floración (desde unas dos semanas antes de la emisión de estigmas, hasta dos semanas después de ésta) el maíz es muy sensible al estrés hídrico, y el rendimiento de grano puede ser seriamente afectado si se produce sequía durante este período (Ortigoza, J., et al, 2019).

Radiación Solar

Las plantas crecen porque producen su alimento a partir de la luz y otros ingredientes, en el proceso de la fotosíntesis. La eficiencia con que el maíz utiliza la radiación solar dependerá de su desarrollo foliar (Ortigoza, J., et al, 2019).

Temperatura

El maíz es un cultivo que precisa temperaturas relativamente altas para un máximo desarrollo. Por debajo de los 8 grados centígrados el crecimiento es nulo en la mayoría de los cultivares utilizados en nuestro país. Con temperaturas superiores, el desarrollo de hojas es más veloz, siendo beneficioso ya que en éstas se produce el proceso de fotosíntesis, producto del cual la planta se alimenta y crece. Por ello, temperaturas

medias están asociadas con mejores rendimientos finales del cultivo (Ortigoza, J., et al, 2019).

Duración del día o fotoperiodo

El ciclo del maíz es una especie de días cortos. Es decir, su ciclo se acorta al acortarse la duración del día. Por ello es importante una siembra temprana del cultivo, para que cada etapa tenga un desarrollo óptimo, contribuyendo a un mayor rendimiento (Ortigoza, J., et al, 2019).

Agua

El cultivo de maíz es muy susceptible a la falta de agua, especialmente en el período entre floración y llenado de grano. Esta etapa es crítica para la determinación del rendimiento del cultivo. El requerimiento hídrico del cultivo de maíz en todo su ciclo esta 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo del cultivo (Ortigoza, J., et al, 2019).

LABORES CULTURALES

Preparación del terreno

La preparación del terreno es el paso previo a la siembra. Se recomienda efectuar una labor de arado al terreno con grada para que el terreno quede suelto y sea capaz de tener ciertas capacidades de captación de agua sin encharcamientos. Se pretende que el terreno quede esponjoso sobre todo la capa superficial donde se va a producir la siembra.

También se efectúan labores con arado de vertedera con una profundidad de labor de 30 a 40 cm.

En las operaciones de labrado los terrenos deben quedar limpios de restos de plantas (rastros) (InfoAgro, 2008).

Siembra

Antes de efectuar la siembra se seleccionan aquellas semillas resistentes a enfermedades, virosis y plagas.

Se efectúa la siembra cuando la temperatura del suelo alcance un valor de 12 °C. Se siembra a una profundidad de 5 cm. La siembra se puede realizar a golpes, en llano o a surcos. La separación de las líneas de 0.8 a 1 m y la separación entre los golpes de 20 a 25 cm (InfoAgro, 2008).

Fertilización

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.

Se recomienda un abonado de suelo rico en P y K. En cantidades de 0.3 Kg de P en 100 Kg de abonado. También un aporte de nitrógeno N en mayor cantidad sobre todo en época de crecimiento vegetativo.

El abonado se efectúa normalmente según las características de la zona de plantación, por lo que no se sigue un abonado riguroso en todas las zonas por igual. No obstante, se aplica un abonado muy flojo en la primera época de desarrollo de la planta hasta que la planta tenga un número de hojas de 6 a 8.

A partir de esta cantidad de hojas se recomienda un abonado de:

- N: 82 % (abonado nitrogenado).
- P₂O₅: 70 % (abonado fosforado).
- K₂O: 92 % (abonado en potasa)

Durante la formación del grano de la mazorca los abonados deben de ser mínimos. Se deben de realizar para el cultivo de maíz un abonado de fondo en cantidades de 825Kg/ha durante las labores de cultivo.

Los abonados de cobertera son aquellos que se realizan cuando aparecen las primeras hojas de la planta y los más utilizados son:

- Nitrato amónico de calcio. 500 kg/ha
- Urea. 295kg/ha

- Solución nitrogenada. 525kg/ha.

Es importante realizar un abonado ajustándose a las necesidades presentadas por la planta de una forma controlada e inteligente.

Nitrógeno (N): La cantidad de nitrógeno a aplicar depende de las necesidades de producción que se deseen alcanzar, así como el tipo de textura del suelo. La cantidad aplicada va desde 20 a 30 Kg de N por ha.

Un déficit de N puede afectar a la calidad del cultivo. Los síntomas se ven más reflejados en aquellos órganos fotosintéticos, las hojas, que aparecen con coloraciones amarillentas sobre los ápices y se van extendiendo a lo largo de todo el nervio. Las mazorcas aparecen sin granos en las puntas.

Fósforo (P): Sus dosis dependen igualmente del tipo de suelo presente ya sea rojo, amarillo o suelos negros. El fósforo da vigor a las raíces.

Su déficit afecta a la fecundación y el grano no se desarrolla bien.

Potasio (K): Debe aplicarse en una cantidad superior a 80-100 ppm en caso de suelos arenosos y para suelos arcillosos las dosis son más elevadas de 135-160 ppm. La deficiencia de potasio hace a la planta muy sensible a ataques de hongos y su porte es débil, ya que la raíz se ve muy afectada. Las mazorcas no granan en las puntas.

Otros elementos: Boro (B), magnesio (Mg), azufre (S), Molibdeno (Mo) y cinc (Zn) . Son nutrientes que pueden aparecer en forma deficiente o en exceso en la planta. Las carencias del boro aparecen muy marcadas en las mazorcas con inexistencia de granos en algunas partes de ella (InfoAgro, 2008).

Control de malezas

La definición más común de malas hierbas es: aquella planta que crece en un lugar donde no es deseada y que interfiere con los intereses del hombre (Anderson, 1996, citado por Tamayo, 2003). La importancia de las malas hierbas radica en los daños directos e indirectos que causan así la presencia de estos organismos en los sistemas agrícolas afectan al cultivo en forma directa al competir por agua luz y espacio en el terreno produciendo mermas sustanciales en el rendimiento, así mismo el daño que

ocasionan en la pérdida de calidad de algunos productos agrícolas y en la dificultad que presentan en algunos casos en la cosecha. Dentro de los daños indirectos podemos mencionar la resistencia en el avance del agua de riego en los canales y que son fuente primaria de contaminación ya que sus semillas son arrastradas a los predios agrícolas aumentando sus poblaciones, sirviendo como hospederas de insectos como sitios de hibernación y focos iniciales de infestación hacia el cultivo, además pueden servir como reservorio de organismos patógenos que a través de vectores que invaden los campos agrícolas enfermando a las plantas con la pérdida consecuente del rendimiento. A diferencia de cualquier otra actividad agrícola, el hombre consume más energía para deshierbar sus cultivos. Del total de organismos dañinos, la maleza representa el 41.6 %, considerando las reducciones en los rendimientos y los costos de su control, el resto del total lo conforman otros organismos como plagas insectiles con el 28.1 %, enfermedades con el 27.1 % y nematodos con el 3.2 % (Kingman & Ashton, 1980).

Plagas y enfermedades

Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

Es la plaga de mayor importancia en el cultivo del maíz en la mayoría de las zonas productoras. Esta plaga se encuentra ampliamente distribuida en todas las regiones tropicales y subtropicales del continente americano. En México se encuentra prácticamente en todas las regiones donde se cultiva maíz. Es considerada como una de las plagas más voraces y dañina en el maíz (Rodríguez y de León, 2008) En Sonora viene a ser la plaga más importante sobre la cual se efectúan la mayoría de las aplicaciones. El daño lo ocasionan las larvas que se alimentan especialmente del cogollo de las plantas, provocando perforaciones y desgarraduras en las hojas a medida que las mismas se van desarrollando. En plantas pequeñas y hasta con una altura de 40 a 60 cm aproximadamente, corta el cogollo por la base el cual se presenta seco y al jalarlo se desprende, en plantas demasiado pequeñas puede llegar a ocasionar la muerte, La presencia de la larva se manifiesta por la acumulación de excremento en el cogollo, a veces demasiado húmedo. En planta adulta su daño lo ocasiona cuando se encuentra en la madurez del grano, puede penetrar a la mazorca en su porción media latera

produciendo un orificio que puede llegar hasta el olote. La hembra puede llegar a depositar hasta 1000 huevecillos en grupos de 50 a 100 como promedio, cubiertos por una pelusa blanquecina procedente del cuerpo de la hembra, la larva eclosiona pasando por seis estadios larvarios las larvas son de hábitos canibalísticos, razón por la cual generalmente se encuentra una sola larva por cogollo (Universidad de Sonora, 2014).

THRIPS (*Caliothrips phaseoli*)

El thrips del cogollo en maíz particularmente en siembras de primavera, donde los adultos emigran al maíz de otras hospedantes; los ataques más fuertes acontecen desde la emergencia de las plántulas hasta que éstas alcanzan una altura de 30 cm, el daño lo ocasionan tanto los adultos como las ninfas al raspar el tejido de la hoja en el envés produciendo cicatrices, que en conjunto le dan a la planta un aspecto cenizo (Pacheco, 1985) (Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Tarija-Bolivia, 2014).

Gusano choclero (*Helicoverpa zea*)

El daño que ocasiona esta plaga en la mazorca, así como la del gusano cogollero y mosca de los estigmas son puntos de entrada para la proliferación de hongos causantes de la pudrición de la mazorca y que producen micotoxinas como en *Aspergillus* que produce las aflatoxinas que son sustancias cancerígenas. Es una plaga de importancia en las regiones tropicales y subtropicales de México. Su presencia es común en los estados del noroeste en siembras de otoño invierno en maíces blancos donde se pueden registrar infestaciones de un 50 % en elote; no obstante, el alto porcentaje de infestación se considera antieconómico el uso de insecticidas para su control sobre todo en la producción de grano, pero es importante su control en la producción de maíz dulce. Su principal daño lo ocasionan en la destrucción de los granos en elote en la porción terminal y bajo condiciones de alta humedad provocan la pudrición de la mazorca, sin embargo, este problema es menos acentuado en regiones con clima seco como Sonora. La aplicación de productos en ocasiones agrava el problema al suprimir la fauna benéfica que podría mantener en niveles bajos a esta plaga. La liberación de *Trichogramma* poco antes de jiloteo y en floración, así como la utilización de híbridos

con mazorca cerrada pueden disminuir su daño significativamente (Universidad de Sonora, 2014).

ENFERMEDADES DEL MAÍZ

Carbón del maíz (*Ustilago maydis*)

La fase más característica de la enfermedad es la formación de agallas sobre la parte aérea de la planta, incluyendo tallos, hojas, yemas axilares, espiga y mazorcas. Las agallas pueden alcanzar una longitud de un decímetro o más. Al principio son de color claro, casi blancas. Al madurar las agallas, la membrana externa se rompe, exponiendo una masa pulverulenta de color negro, constituida por las teliosporas. El organismo causante es *Ustilago maydis* (DC) Cda. El ciclo biológico del hongo se inicia al germinar las teliosporas que son equinuladas, esféricas y negras, produciendo un promicelio tabicado portador de esporidios (basidiosporas) unicelulados y uninucleados. Al fusionarse dos esporidios compatibles, producen un micelio binucleado que es el que penetra a la hospedera. En ocasiones, la formación del micelio binucleado se retrasa hasta después de la penetración a la hospedera de dos hifas uninucleadas procedentes de esporidios simples, que se fusionarán dentro del huésped. La producción del micelio binucleado es esencial para el avance del hongo, generalmente en forma intercelular, formándose las teliosporas dentro de los tabiques del micelio (por esta característica las teliosporas son llamadas clamidísporas, pero es incorrecto, porque las clamidísporas son esporas asexuales).

Se han reportado numerosas razas fisiológicas del patógeno. Las condiciones favorables para la germinación de teliosporas y basidiosporas, así como para la infección son temperaturas de 26 a 34 °C. Las condiciones de humedad apropiadas para el desarrollo del maíz son generalmente suficientes para la germinación de esporas y para la infección (Universidad de Sonora, 2014).

Achaparramiento del maíz

Esta enfermedad es causada por dos tipos de organismos:

Fitoplasma Mayze Buhys Stunt Disease (MBSB) y la otra causada por un espiroplasma Corn Stunt Spiroplasma (CSS) Spiroplasmakunkellii. SÍNTOMAS: Estos patógenos producen estrías cloróticas en la base de las hojas, principalmente nuevas con enrojecimiento de sus márgenes, enanismo de las plantas, acortamiento progresivo de entrenudos superiores y proliferación de mazorcas, que en general se ven pobremente formadas. La sintomatología varía según las condiciones climáticas, el cultivar y la presencia conjunta con otros patógenos. Estas enfermedades son transmitidas a la planta de maíz por la chicharrita del maíz (*Dalbulus maidis*) (Universidad de Sonora, 2014).

Pudrición de la mazorca (*Fusarium* spp, *Penicillium* spp, *Aspergillus* spp)

La pudrición de la mazorca y de los granos puede ser causada por el hongo *Fusarium* moniliforme y *F. m. subglutinans*. El patógeno entra a través de los estigmas en el extremo de la mazorca; la infección permanece limitada por un cierto tiempo a algunos granos o a una parte de la mazorca y en los granos se desarrolla un moho pulverulento o algodonoso blanco-rosado. Los gusanos elotero y cogollero del maíz contribuyen al establecimiento del patógeno sobre los granos, pudiéndose observar el moho creciendo en las galerías hechas por los insectos. Existe una pudrición de la mazorca causada por el hongo *Penicillium* spp. Esta enfermedad se desarrolla sobre las mazorcas dañadas mecánicamente o por insectos. El síntoma característico es un moho pulverulento de color verde o verde azulado que crece sobre y entre los granos, comenzando por la punta de la mazorca, y que puede encontrarse también sobre el olote. Otra pudrición de la mazorca es causada por varias especies del género *Aspergillus*; la pudrición causada por *Aspergillus flavus* es la más importante porque participa en la producción de al menos dos tipos de micotoxinas en este caso llamadas AFLOTOXINAS del maíz (Aflatoxinas B-1, B-2, G-1 y G-2). *Aspergillus niger* es la especie más difundida y origina una masa de esporas pulverulentas negras. Otras especies producen un crecimiento de color verde amarillento o bronceado sobre y entre los granos. Normalmente los granos en la punta de la mazorca son los que se infectan primero.

(Widstrom, McWilliams y Wilson, 1984; CIMMYT, 1992) (Universidad de Sonora, 2014).

COSECHA

En el caso de la cosecha para grano hay que considerar que la madurez fisiológica en el maíz se alcanza cuando el grano posee un 35 % de humedad y se caracteriza al aparecer la zona negra, que es una mancha negra o parda que se forma en la base del grano cerca de la unión con el olote, a partir de esta etapa el grano empieza a perder humedad por lo que se debe de cortar el maíz cuando el porcentaje de humedad en el grano sea de 25 % o menos, pudiéndose hacer en forma manual y dejar secar las mazorcas pero en un área descubierta donde el paso de aire sea libre para posteriormente ser desgranado, el tiempo de secado se hará más lento entre más tandas de mazorca sean apiladas, además que se promovería la pudrición de mazorcas y daño por roedores. En grandes extensiones la cosecha puede iniciarse con esta humedad ya que por día se pierde el 33 % del rendimiento final. Lo ideal es cosechar el maíz cuando el grano tenga entre un 15 o 18 % de humedad ya que a mayor humedad se pueden ser acreedores a un castigo en la recepción del grano o se aumenta el costo de producción ya que se hace necesario el secado del grano, la humedad óptima para el almacenamiento del grano debe ser entre 12-14 % (Universidad de Sonora, 2014).

ALMACENAMIENTO

La mazorca o el grano, sea para el consumo o semilla se debe almacenar en un lugar fresco y seco donde la temperatura oscile entre 10 a 12 °C y la humedad relativa sea menor a 60 %. Además, se debe considerar que el porcentaje de humedad del grano debe ser inferior al 12 % (Yáñez, J., et al, 2005).

MEJORAMIENTO POR SELECCIÓN

Este tipo de mejoramiento se debe a una continuidad de selección por varias generaciones, hasta agotar el diferencial de selección y partiendo siempre de la mezcla balanceada del ciclo anterior. Se evalúan los ciclos en ensayos de rendimiento y las

mezclas balanceadas de cada ciclo, incluyendo la variedad original y algunos híbridos como testigo, con el fin de determinar la ganancia debido a la selección.

Poelhman (1981) afirma las especies de polinización cruzada, son sumamente heterocigotas, rara vez se utilizan plantas individuales para constituir una variedad por lo simple de que la segregación y la polinización cruzada dificultan la conservación del tipo del progenitor dentro de las progenies, necesitándose una mayor amplitud de diversidad genética, para mantener una población vigorosa. Allard (1980) manifiesta el fin de la selección masal es el aumento de la proporción de genotipos superiores en la población. La eficiencia de esta se lleva a cabo en un sistema de apareamiento al azar con selección; y depende principalmente del número de genes y de la heredabilidad. La selección masal ha sido efectiva para aumentar las frecuencias genéticas en caracteres que se pueden ver o medir fácilmente. La selección masal ha sido útil para la obtención de variedades para fines especiales y para cambiar la adaptación de variedades mejoradas en nuevas zonas de producción.

Asimismo, manifiesta que, los cambios ocurridos en el maíz sirven para ilustrar un gran número de efectos de la selección masal sobre las poblaciones, incluyendo el efecto de la selección en el aspecto morfológico, en la adaptación y en el rendimiento, así como la influencia de la hibridación Inter varietal y de la reducción en el tamaño de las poblaciones. La selección masal puede en realidad modificar el tipo de planta, maduración, características del grano y otros caracteres que se pueden reconocer fácilmente. Además, se sabe que la hibridación entre variedades tuvo su importancia para conseguir la variabilidad a partir del cual se seleccionaron nuevas variedades.

Brauer (1973) reporta a la selección masal, es probablemente el sistema de selección más antigua que se conoce, pues consiste en tomar la semilla de los individuos seleccionados, mezclarla y sembrarla toda junta para formar con ella una nueva población en la cual se vuelve a repetir el proceso. El efecto de la selección repetida sobre una población alógama es el de desviar la composición genética de la población y, consecuentemente, el resultado de la selección masal depende de lo eficiente que sea el sistema de selección para lograr desviar esta composición genética en el sentido deseado. Cuando la selección se lleva a cabo mediante la observación de caracteres que

son poco afectados por el medio ecológico y fácilmente visible, la selección masal puede ser sumamente eficaz, aunque definitivamente será más o menor tardado, según que el carácter este determinado por varios factores tenga una tendencia a dominancia o recursividad (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), 2010).

SELECCIÓN MASAL

Poehlman y Allen (2005) conceptualizan como un procedimiento donde las plantas se seleccionan y cosechan en base a su fenotipo y las semillas se mezclan sin haber realizado ninguna prueba de progenie. Los cultivos que se obtienen por selección masal son normalmente uniformes en cuanto a caracteres cualitativos que presentan herencia simple, como presencia de arista, marcas de color a madurez, en las que las diferencias fenotípicas pueden reconocerse fácilmente y utilizarse como criterios de selección.

Sin embargo, aún podrían estar presentes variaciones en caracteres cuantitativos como el rendimiento, el tamaño o la calidad, en los que las diferencias fenotípicas son demasiados pequeñas para reconocerse o bien no se pueden distinguirse con precisión de las variaciones causadas por el ambiente. El objetivo de la selección masal es el de purificar un cultivar mixto o una población de plantas seleccionadas y propagando plantas visiblemente similares, u obtener un nuevo cultivar mejorando el comportamiento promedio de la población (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), 2010).

SELECCIÓN MASAL ESTRATIFICADA

La selección masal estratificada (SME) es un método de fitomejoramiento ampliamente utilizado en plantas de polinización abierta, como el maíz, que permite mejorar poblaciones mediante la selección de individuos con características deseables, minimizando los efectos ambientales y aprovechando la variabilidad genética. A continuación, se presenta un contenido amplio basado en libros, tesis e investigaciones científicas, con referencias a documentos confiables (Sicha Nalvarte, 2017).

Aplicación

La selección masal estratificada consiste en dividir la población de plantas en estratos o grupos (por ejemplo, surcos, parcelas o áreas delimitadas) y realizar la selección masal dentro de cada estrato. Esto permite reducir la variabilidad ambiental y obtener una selección más efectiva de los caracteres genéticos deseados (Sicha Nalvarte, 2017).

Objetivo

Mejorar características agronómicas como rendimiento, altura de planta, resistencia a enfermedades, precocidad, calidad del grano, entre otras, manteniendo la diversidad genética necesaria para la adaptación (Sicha Nalvarte, 2017).

Procedimiento Básico

División en estratos: Se divide el área de cultivo en estratos homogéneos para controlar el efecto ambiental.

Selección en cada estrato: Se seleccionan plantas con características deseables dentro de cada estrato, por ejemplo, las mazorcas más pesadas, plantas sanas o con buena calidad de grano.

Cosecha y mezcla: Se cosechan las semillas de las plantas seleccionadas en cada estrato y se mezclan para formar la población mejorada.

Repetición: El proceso se repite en ciclos sucesivos para ir mejorando gradualmente la población (Sicha Nalvarte, 2017).

VENTAJAS DE LA SELECCIÓN MASAL

- El método no requiere cambios en el manejo agronómico del cultivo. El agricultor cultiva el maíz como lo realiza tradicionalmente.
- Permite mantener las variedades locales o nativas, propias de los agricultores.
- El agricultor mejora su propia variedad de maíz de acuerdo con las características que desea alcanzar, por ello es fácilmente que lo adopte ya que resulta sencillo realizarlo.

- Se tiene una variedad adaptada a las condiciones locales, respecto a la resistencia a enfermedades y al ciclo de cultivo.
- Durante el proceso se tienen objetivos bien definidos en cuanto al mejoramiento, por lo que las ganancias en estas características serán notorias.
- Se puede tener mayor ganancia en la selección, si además de seleccionar plantas, se eliminan las indeseables.
- Es posible replicar varios lotes de selección masal en otras localidades, para tener una variedad de mayor adaptación (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), 2010).

DESVENTAJAS DE LA SELECCIÓN MASAL

- Necesario aislar el lote de selección masal, ya sea por tiempo y/o distancia mínimo 300 metros, por las razones descritas anteriormente.
- Requiere de un porcentaje de selección no menor que el 20 %. Si se selecciona menos del 20 % se corre el riesgo de pérdida en vigor y rendimiento a causa de depresión endogámica o cruza entre individuos emparentados, con el apareamiento de características indeseables.
- Al ser la selección masal basado en una selección visual de individuos o plantas, se requiere tener bien claro el o los objetivos a alcanzar.
- Las ganancias en la selección masal dependen de las características a mejorar. Si el carácter es dominante es fácil de lograr los resultados. Sin embargo, si la característica es gobernada por muchos genes (poligénico) que transmite la herencia, se requiere de mayor tiempo y cuidado, como sucede con el rendimiento.
- Si se realiza por varios años, se obtiene una variedad con adaptación a la localidad en que se realiza la selección masal.

- Es necesario seleccionar la semilla en el campo, para eliminar el posible efecto ambiental, como la falta de competencia. Esto tiene mayor importancia si el objetivo es incrementar el rendimiento.
- En cultivos como el maíz, al no controlar la fuente de polen, es posible que las ganancias de la selección se tarden o no se logre el objetivo, ya que el polen puede venir de plantas no deseables.
- Las mejores ganancias en la selección se obtienen cuando la característica agronómica, es más visible y medible fácilmente. Ejemplo de esto es la cobertura de mazorca.
- Cuando el objetivo es aumentar el rendimiento, en la selección masal no se realiza la prueba de progenie, por lo que no se garantiza el aumento en el rendimiento.
- La selección masal se basa solamente en la herencia materna, ya que se desconoce la fuente de polen. Por lo que puede prolongar el tiempo para el logro del objetivo del mejoramiento (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), 2010).

AGRICULTURA ORGÁNICA

La agricultura orgánica está ganando cada vez más importancia entre los productores agrícolas que miran con preocupación las consecuencias que genera el cambio climático en el mundo. El modelo de agricultura orgánica aboga por usar fertilizantes y otros productos 100 % naturales, donde el bien estar de la naturaleza y de las personas es igual de importante que producir alimentos.

Si bien los precios de dichos alimentos pueden ser más elevados, su valor nutricional es mayor que el de los productos cultivados de forma convencional y la creciente demanda de productos bio entre los consumidores favorece el cambio al método de agricultura orgánica (EOS Data Analytics, 2024).

¿Qué es la Agricultura Orgánica?

La agricultura orgánica es un enfoque agrícola que aboga por productos sanos y libres de componentes que puedan dañar al ser humano y a la naturaleza. Entre ellos están los pesticidas industriales, insecticidas, fertilizantes, organismos genéticamente modificados, medicamentos químicos, hormonas, potenciadores del crecimiento, etc. Uno de los principios de la agricultura orgánica es proporcionar alimentos con un valor nutricional óptimo y un mínimo de ingredientes peligrosos, utilizando únicamente sustancias permitidas. Otro principio de la agricultura orgánica es usar un forraje 100 % natural para el ganado y su posterior procesamiento sin productos sintéticos. Las técnicas de la agricultura orgánica implican el cuidado de los trabajadores del campo y tienen como objetivo mantener el equilibrio armónico en el medio ambiente manteniéndolo lo más vivo y productivo posible (EOS Data Analytics, 2024).

Rotación de cultivos

La rotación de cultivos implica cambiar de especie en el mismo campo temporada tras temporada. Esta técnica agrícola también puede incluir un periodo de barbecho dentro de un determinado intervalo de tiempo.

- Erradica las plagas y las malas hierbas, así como la contaminación química creada para hacer frente a los problemas (ya que las diferentes especies sufren diferentes plagas).
- Evita la erosión del suelo gracias a los diferentes sistemas de raíces.
- Protege el suelo del agotamiento, ya que la diversidad de plantas potencia la liberación de nutrientes, eliminando así las aplicaciones de fertilizantes sintéticos que no están permitidas en la agricultura orgánica.
- Aumenta el rendimiento y reduce los costos (EOS Data Analytics, 2024).

Manejo integrado de malas hierbas

Los productos agroquímicos pesados no están permitidos en la agricultura orgánica. Por ello, el control de malas hierbas se realiza a través de otras opciones del manejo integrado de malas hierbas (prevención, biológica, física y cultural).
Prevención de la penetración de las malas hierbas en el campo con maquinaria, animales, aguas de riego;

- Deshierbe manual
- Rotación de cultivos
- Productos químicos naturales para detener la germanización
- Henificación antes de la siembra (EOS Data Analytics, 2024).

Manejo integrado de plagas

Para combatir las plagas, la agricultura orgánica no pretende destruirlas por completo, ya que provocaría cambios en el ecosistema. Este concepto se apoya fuertemente en los métodos alternativos de control de plagas: prevención, construcción de barreras naturales, eliminación física y lucha con sus enemigos biológicos (depredadores), como las mariquitas y los pulgones.

En cuanto a los aditivos sintéticos, sólo se permiten los plaguicidas suaves aprobados para la agricultura orgánica, sin propiedades controvertidas y con un daño mínimo para los seres humanos y la naturaleza. Dichos aditivos incluyen al jabón potásico, peróxido de hidrógeno, bicarbonato de sodio, azufre (EOS Data Analytics, 2024).

Ventajas de la agricultura orgánica

La agricultura orgánica produce los siguientes beneficios:

- Rechazo a los productos químicos que amenazan la salud;
- Reducción de los costos ya que no se usan costosos aditivos sintéticos;
- Garantía de calidad y certificación de los alimentos;
- Mejora del sabor y el valor nutricional de los productos;
- Protección del medio ambiente;
- Mejora de la calidad del suelo (EOS Data Analytics, 2024).

Desventajas de la agricultura Orgánica

En contrapunto, las desventajas que presenta la agricultura orgánica son:

- Volúmenes de producción reducidos.
- Aumento de la mano de obra agrícola y del consumo de tiempo para el trabajo manual y mecánico, la monitorización de los cultivos y el cumplimiento de las normas.

- Control frecuente de plagas y malas hierbas en lugar de aplicaciones químicas únicas.
- Menor tiempo de conservación (los alimentos ecológicos naturales suelen estropearse más rápido debido a la ausencia de conservantes).
- Precios más altos de los productos ecológicos frente a los convencionales (EOS Data Analytics, 2024).

GENOTIPO Y FENOTIPO

Genotipo

El genotipo es el conjunto completo de información genética heredada que posee un organismo, contenida en su ADN. Representa la composición genética interna que determina las potencialidades hereditarias del individuo. El genotipo incluye todos los alelos (versiones de un gen) presentes en los cromosomas y se transmite de generación en generación.

- Según estudios clásicos de genética, el genotipo es la base molecular que codifica los caracteres, aunque no todos los genes se expresan de forma visible.
- El genotipo no es observable a simple vista, requiere técnicas moleculares o citogenéticas para ser identificado.
- Es la información genética que puede o no manifestarse en el organismo dependiendo de la interacción con el ambiente (Agrobanco, 2017).

Fenotipo

El fenotipo es el conjunto de características observables y medibles de una planta, resultado de la expresión del genotipo en interacción con el ambiente. Incluye rasgos morfológicos, fisiológicos, bioquímicos y de desarrollo.

- El fenotipo puede variar incluso entre plantas con el mismo genotipo debido a diferencias ambientales.

Es el rasgo que se evalúa en campo para selección y evaluación de variedades (Agrobanco, 2017)

CAPITULO III
MATERIALES Y MÉTODOS

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

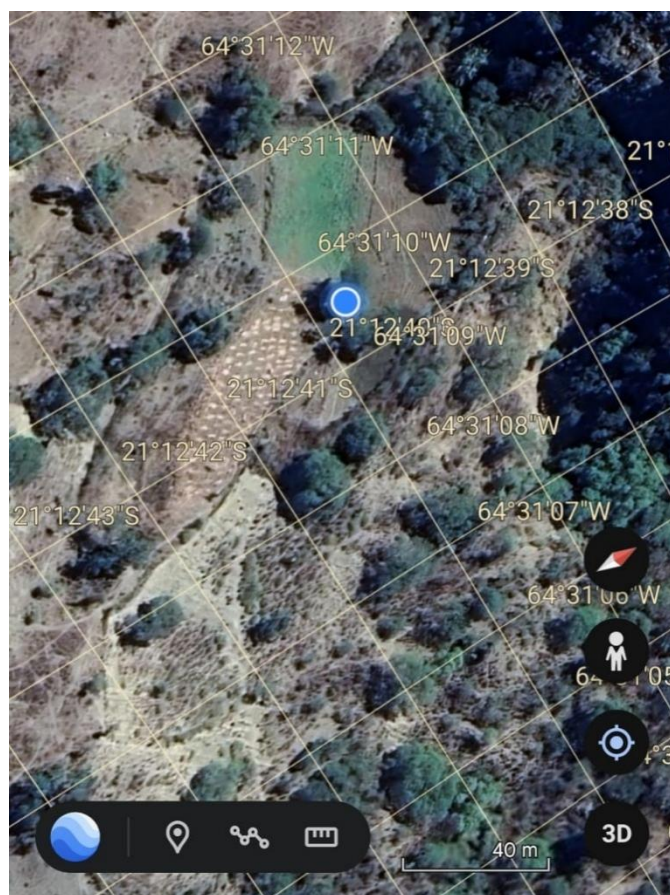
UBICACIÓN

El presente trabajo se realizó en la comunidad de Pajonalcito que pertenece al Municipio de San Lorenzo de la provincia Méndez del departamento de Tarija.

LOCALIZACIÓN

Está ubicada en las coordenadas $21^{\circ}13'12''$ latitud S. y los meridianos $64^{\circ}31'02''$ longitud W. Y una altitud de 2.152 msnm.

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA COMUNIDAD DE PAJONALCITO



Fuente: Google Earth

CARACTERÍSTICAS AGROCLIMÁTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

Clima

La Comunidad de Pajonalcito tiene la característica de poseer un clima templado árido en verano y en invierno un clima frío semiárido.

Según la estación de Yesera Norte perteneciente al SENAMHI, la cual se toma como referencia para la comunidad de Pajonalcito presenta una temperatura media máxima anual de 22.3 °C y presenta una temperatura media mínima anual de 8.2 °C, logra así obtener una temperatura anual media de 15.2 °C.

(Senamhi2023).

Precipitación

En cuanto a las precipitaciones de Yesera norte pertenecientes al SENAMHI tomando como dato para la comunidad de Pajonalcito, el mes de junio presenta una precipitación baja de 1.4 mm y el mes de enero presenta una precipitación más alta de 153.2 mm, la precipitación anual es de 658.4 mm.

(Senamhi 2023).

Humedad

La humedad relativa anual que se toma como referencia para la comunidad de Pajonalcito es de 66 %. Cumpliendo con la humedad de varios cultivos que se presenta la zona.

(Senamhi2023).

Suelo

Según el Plan de uso del suelo del departamento de Tarija del 2017. La comunidad de la zona alta de Jarcas en la comunidad de Pajonalcito tienen los suelos de texturas muy pesadas, (arcillosos y francos arcillosos), imperfectamente drenados y moderadamente profundos.

La vegetación natural está compuesta por matorrales bajos a altos, ralos a dispersos, mayormente siempre verdes y xeromórficos con un estrato herbáceo compuesto por gramíneas.

Vegetación

Cultivos Anuales: Entre las más cultivadas se encuentran:

CUADRO 1. CULTIVOS ANUALES

Nombre común	Nombre científico	Familia
Cebolla	<i>Allium cepa</i>	Liliaceae
Maíz	<i>Zea mays</i>	Gramineae
Trigo	<i>Triticum aestivum</i>	Gramineae
Arveja	<i>Pisum sativum</i>	Papilionaceae
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	Solanaceae

Cultivos perenes o frutales:

CUADRO 2. CULTIVOS PERENES O FRUTALES

Nombre común	Nombre científico	Familia
Higuera	<i>Ficus carica</i>	Moraceae
Durazno	<i>Prunus persica</i>	Rosaceae
Manzana	<i>Malus sylvestris</i>	Rosaceae

Vegetación Arbórea:

Nombre común	Nombre científico	Familia
Churqui	<i>Acacia caven</i>	Leguminosae
Molle	<i>Schinus molle</i>	Anacardiaceae
Chañar	<i>Geoffroea decorticans</i> (Gill. Ex Hook & Arn.) Burkart	Leguminosae
Algarrobo	<i>Prosopis</i> sp.	Leguminosae
Pino	<i>Pinus</i> sp.	Pinaceae
Gramma	<i>Cynodon</i> sp.	Poaceae
Cola de zorro	<i>Setaria</i> sp.	Poaceae

Fuente: (Gill. Ex Hook & Arn.) Burkart

Actividad Económica.:

La actividad económica de la zona tiene como principal rubro la agricultura en la producción de maíz, papa, trigo, arveja y hortalizas otros cultivos en menor escala.

También existe una baja producción en ganado menor, mayor y aves de corral.

Fuente: Elaboración propia.

MATERIALES

Material vegetal

Variedad de maíz no identificada (segregante)

Material de campo

- Estacas
- Letreros
- Cinta métrica
- Cinta de color
- Engrampadora
- Flexómetro
- Bolsa
- Marcadores

Material de registro

- Cámara fotográfica
- Tablero para recolectar los datos
- Libreta de campo
- Planillas de registro

Material de gabinete

- Computadora o Laptop
- Hoja
- Lápiz
- Calculadora
- Impresora

METODOLOGÍA.

DISEÑO EXPERIMENTAL

El presente experimento se realizará bajo el Diseño Completamente Randomizado con (5) parcelas (tratamientos) y 10 plantas competitivas como repeticiones.

EVALUACIÓN ESTADÍSTICA

Para el análisis de la población segregante de maíz, se aplicaron métodos estadísticos con el objetivo de evaluar la variabilidad fenotípica y estimar la heredabilidad de caracteres agronómicos clave. Estas herramientas permitieron comprender la magnitud de la influencia genética y ambiental sobre los rasgos evaluados, facilitando así la toma de decisiones en el proceso de selección.

La variabilidad fenotípica fue estimada mediante el coeficiente de variación (CV%), el cual se calculó dividiendo la desviación estándar entre la media del carácter, y multiplicando este valor por 100. Esta medida permitió comparar la dispersión relativa entre distintos caracteres agronómicos, independientemente de sus unidades, clasificando la variabilidad como baja, intermedia o alta, y proporcionando una visión general del comportamiento fenotípico en la población.

Para determinar la existencia de diferencias significativas entre los genotipos, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA). Este análisis permitió separar la variabilidad observada en componentes atribuibles a factores genéticos y a factores ambientales. La identificación de diferencias estadísticas significativas fue esencial para establecer el potencial de selección en la población evaluada.

Finalmente, se estimó la heredabilidad en sentido amplio (H^2), mediante la fórmula $H^2 = \sigma^2_g / \sigma^2_f$, donde σ^2_g representa la varianza genética y σ^2_f la varianza fenotípica total. Esta estimación indicó la proporción de la variación total que es atribuible a factores genéticos, permitiendo identificar los caracteres con mayor potencial de respuesta a la selección en un programa de mejoramiento genético como el aplicado en la comunidad de Pajonalcito.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

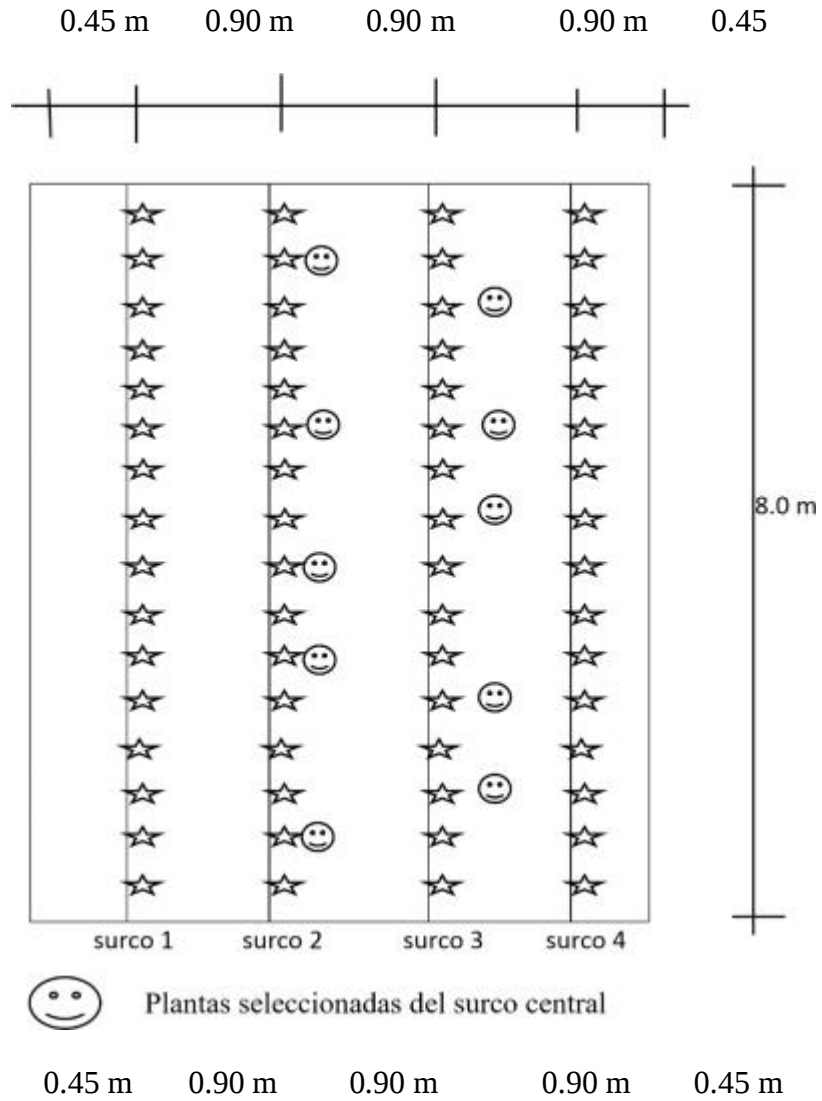
Características del campo experimental

CUADRO 3. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Número de bloques	5
Área del campo experimental	1046m
Ancho de parcela	3.6m
Largo de parcela	8.0 m
Distancia entre surcos	0.90 m
Distancia entre plantas	0.45 m
Número de plantas por parcela	80
Número de semilla por planta	1

Croquis del campo experimental

FIGURA 2. CROQUIS DEL CAMPO EXPERIMENTAL



VARIABLES UTILIZADAS EN EL ENSAYO

CUADRO 4. VARIABLES UTILIZADAS EN EL ENSAYO

Días floración masculina	Días
Días floración femenina	Días
Altura de la planta al momento de la cosecha	Metros
Altura de la mazorca a la cosecha	Metros
Longitud de la mazorca	Metros
Diámetro de la mazorca	Metros
Número de hileras por mazorca	Números
Número de granos por hilera	Números
Peso de 1000 semillas	Gramos

VARIABLES RESPUESTAS

Días floración masculina

Dicha variable se registró indicando el número de días que transcurrió desde fecha de la siembra, y a la fecha 21 de noviembre de 2024 en la cual el 36.22 % de las plantas de la parcela experimental mostraron la aparición de la inflorescencia masculina o panoja.

Días floración femenina

Dicha variable se registró indicando el número de días que transcurrió desde fecha de la siembra, y a la fecha 27 de noviembre de 2024 en la cual el 36.22 % de las plantas de

la parcela experimental mostraron la aparición de la inflorescencia femenina o estigmas, se toma los datos a los 2 o 3 cm. de largo.

Altura de la planta al momento de la cosecha

Las plantas altas con mazorcas muy cercanas a la punta son presas fáciles de fuertes vientos. Debido a que las doblan y se tumban al suelo, en mazorcas muy cercanas al suelo se presentan pudriciones se recomendando una altura de planta próxima a los 2.5 m. y mazorcas a la mitad de esta (1.30 m.)

Esta característica se midió desde la base de la planta o suelo hasta el punto de nacimiento de la panoja, expresando en metros.

Altura de la mazorca a la cosecha

Esta característica se midió desde la base de la planta o suelo hasta el punto de inserción de la primera mazorca.

Longitud de la mazorca

A la madurez de cosecha se midió la longitud de mazorca expresada en centímetros, tomando la distancia existente entre la base y la punta de la mazorca. Estos datos evaluados de las 50 mazorcas

Diámetro de la mazorca

En este carácter se tomó la medida de la mazorca que corresponde en la parte apical de la mazorca, parte media perpendicular a su longitud y parte de la base de la mazorca expresándose en centímetros. Estos datos evaluados de las 50 mazorcas.

Número de hileras por mazorca

Se determinó contando el número de hileras de granos existente en una mazorca. Estos datos evaluados a las 50 mazorcas.

Número de granos por hilera

Se determinó contando el número de granos por hileras de la mazorca. Estos datos evaluados a las 50 mazorcas.

Peso de la mazorca

Se realizó el peso de la mazorca con 12 a 14 % de humedad aproximadamente considerando grano y tusa. Estos datos evaluados a las 50 mazorcas

Peso de 1000 semillas

Se determinó para cada tratamiento seleccionando al azar, para luego ser pesado en una balanza de precisión. Estos datos se tomaron de las 5 repeticiones de las parcelas

INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

La preparación del terreno se efectuó empleando el arado con tracción animal, a una profundidad de 0.30 m. esta labor se realizó el 23 de agosto del 2024.

Siembra

El 02 de septiembre del 2024 se efectuó la siembra con la semilla que proporcionó el agricultor, inmediatamente de la siembra se depositó el abanó de origen animal en este caso de chiva.

Riego

El cultivo se llevó a cabo con riego por aspersión, y luego bajo régimen de la lluvia.

Abonamiento

Para este cultivo se usó abonos orgánicos como estiércol de cabras, fertilización foliar líquida como bioles.

Control de malezas y aporque

Control de malezas, se realizó de manera manual cuando las plantas tenían entre 3 a 4 hojas y la siguiente se practicó juntamente con el aporque esta actividad se realizó el 14 de septiembre de 2024 con tracción animal.

Control fitosanitario

Se realizó la primera aplicación de control preventivo de jabón potásico cuando las plantas estaban con 4 hojas, y la segunda aplicación a los 15 días y las otras aplicaciones

cuando se mostró en el monitoreo la presencia de gusano cogollero, se realizó cada 15 días.

Cosecha

La cosecha se realizó 7 de febrero de 2025, se realizó cuando los granos de las mazorcas alcanzaron su completa formación morfológica y madurez fisiológica, cuando las brácteas que cubrían la mazorca estaban secas, aproximadamente cuando presentaron 22 % de humedad.

Se realizó esta labor, de forma manual, cosechando 10 mazorcas, de las plantas en competencia perfecta de los surcos centrales de cada repetición experimental. Luego se llevó las mazorcas al secado para lograr la humedad requerida.

Secado

Una vez cosechadas las mazorcas de cada repetición se dejaron secar al sol como se realiza de manera tradicional en la comunidad, por razones de lluvias y humedad en la zona se tuvo que llevar a un secador u horno al laboratorio de la U.A.J.M.S. hasta obtener mazorcas secas con un promedio de 12 a 14 % de humedad, para así evitar el contagio por algún agente fúngico como es el caso de los hongos, para luego realizar las evaluaciones correspondientes y el desgrane.

Almacenamiento

La semilla obtenida al final del presente ensayo fue almacenada en recipiente herméticos cerrados, previo control fitosanitario contra el ataque de gorgojo del maíz.

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIONES

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

RECOPILOACIÓN DE DATOS

Datos

- **Floración femenina:** 36,2
- **Floración masculina:** 36,2
- **Diseño:** Randomizado o completamente al azar
- **Repeticiones:** 5
- **Tratamientos:** 50

Abreviaturas:

- **AP:** Altura de la planta (mt)
- **AM:** Altura de la mazorca (mt)
- **LM:** Longitud de la mazorca (cm)
- **DM:** Diámetro de la mazorca (cm)
- **N.H.:** Numero de hileras
- **P.M.:** Peso de la mazorca gramos
- **NGHx:** Número de granos por hilera media
- **NGHT:** Número de granos por hilera total
- **P.1000 S:** Peso de 1000 semillas gramos

CUADRO 5. DATOS RECOPIRADOS EN CAMPO

Repeticiones	Altura Plantas (m)	Altura Mazorcas (m)	Longitud de la mazorca (cm)	Diámetro de la mazorca (cm)	Número Hileras	Peso mazorca (gr)	Número granos/Hilera (media)	Número granos/Hilera (Total)	Peso de 1000 semillas (gr)
Repetición 1	2,32	1,12	15	5,03	14	219,4	30,07	425	522,3g
	2,57	1,54	20,05	5,04	12	281,7	38	456	
	2,34	1,32	20	5,02	12	271,4	38,3	459	
	2,37	1,1	22	5,06	14	289,4	32,5	455	
	2,32	1,12	20,05	6,01	14	311,9	30,7	430	
	2,35	1,13	22	5,09	12	350,7	34,1	409	
	2,2	1,15	21	6	16	322	35,6	570	
	2,27	1,08	16	5,07	12	219,8	29,7	356	
	2,24	1,1	23	6,01	14	341	38	532	
	2,34	1,3	20,05	6	16	368,1	32,2	515	
Repetición 2	2,8	1,22	19	5,06	12	273,2	35,2	422	507,4g
	2,35	1,13	19	5,09	12	298,9	32,2	386	
	2,65	1,43	19	6,02	14	268,4	35,5	489	
	2,82	1,38	18	5,09	14	299,4	31,4	440	
	2,35	1,1	17,05	6,04	14	302,4	28,4	398	
	2,45	1,32	19	5,07	12	308,1	30,9	371	
	2,47	1,29	15	5,01	12	181,4	25,3	303	
	2,45	1,36	18	5,06	12	230,8	32	384	
	2,22	1,06	16	6,01	14	257,4	26	364	
	2,57	1,28	17	5,06	12	266,9	29,3	351	
Repetición 3	1,9	0,95	18	6,01	16	347	31,4	503	520,2g
	1,95	1	15	6	12	395,7	29,5	354	
	1,55	0,6	17	5,07	14	224,5	28,5	404	
	1,97	0,88	18	5,09	16	279,8	32,5	455	
	2,1	0,9	15,05	5,08	14	245,3	28,4	397	
	2,05	0,98	15	5,03	14	172	25	350	
	1,8	0,65	19	6,02	14	317,1	28,5	397	
	1,9	0,96	16	5,04	12	222,7	27,3	328	
	1,92	0,85	19	5,01	12	220,1	30,5	366	
	2	0,95	15	5,02	12	209	28,7	344	
Repetición 4	2,25	0,96	16,05	6,01	18	266,3	32	568	458,6g
	2,07	0,81	17	4,09	10	187,9	33,1	331	
	2,5	1,34	21,05	5,04	10	252,8	39,8	398	
	2,26	0,96	21,05	5,09	16	314,2	34,4	551	

	2,25	0,75	20	6,09	14	411,9	35,8	502	
	2,1	0,95	16	6,02	12	293,8	29,3	352	
	2,3	1,25	22	5,09	14	387,4	36,4	510	
	2,25	1,07	19	5,04	12	302	38,2	459	
	2,45	1,2	21	6,02	14	386	36,4	509	
	2,4	1,11	20,05	6,01	14	375,8	35,9	503	
Repetición 5	2,45	1,28	20	6,07	16	349,4	38,9	622	492,2g
	2,37	1,16	18,05	5,05	12	251,2	32,6	391	
	2,38	1,19	17	6,08	14	322,2	28,7	402	
	2,23	1,03	19	5,04	12	297	37	444	
	2,15	0,78	18	6,02	14	295,9	34,6	484	
	1,9	0,76	15	6,01	14	261,7	27,7	388	
	2,23	0,98	20	6,03	16	286,6	32,2	564	
	2,35	1,16	19	6,04	14	347,5	35,1	492	
	2,23	1,05	20	6	14	323,6	35,2	492	
	2,3	0,9	22	5,09	16	372,2	39,1	625	

Fuente: Elaboración propia.

DETERMINACIÓN DE LA VARIABILIDAD FENOTÍPICA EN CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS CLAVE EN LA POBLACIÓN DE MAÍZ SEGREGANTE

Para determinar la variabilidad fenotípica de las características agronómicas clave del maíz de la comunidad de Pajonalcito, se realizó el siguiente procedimiento utilizando Microsoft Excel:

Ingreso de datos:

Se organizó una tabla con los nombres de las variables evaluadas en una columna.

En la columna adyacente se colocaron los valores del coeficiente de variación (CV%) para cada característica, previamente calculados usando la fórmula:

$$CV(\%) = \left(\frac{\textit{Desviacion estandar}}{\textit{Media}} \right) * 100$$

Nota: Los valores de media y desviación estándar fueron calculados a partir de los datos de cada característica agronómica, como se muestra a continuación:

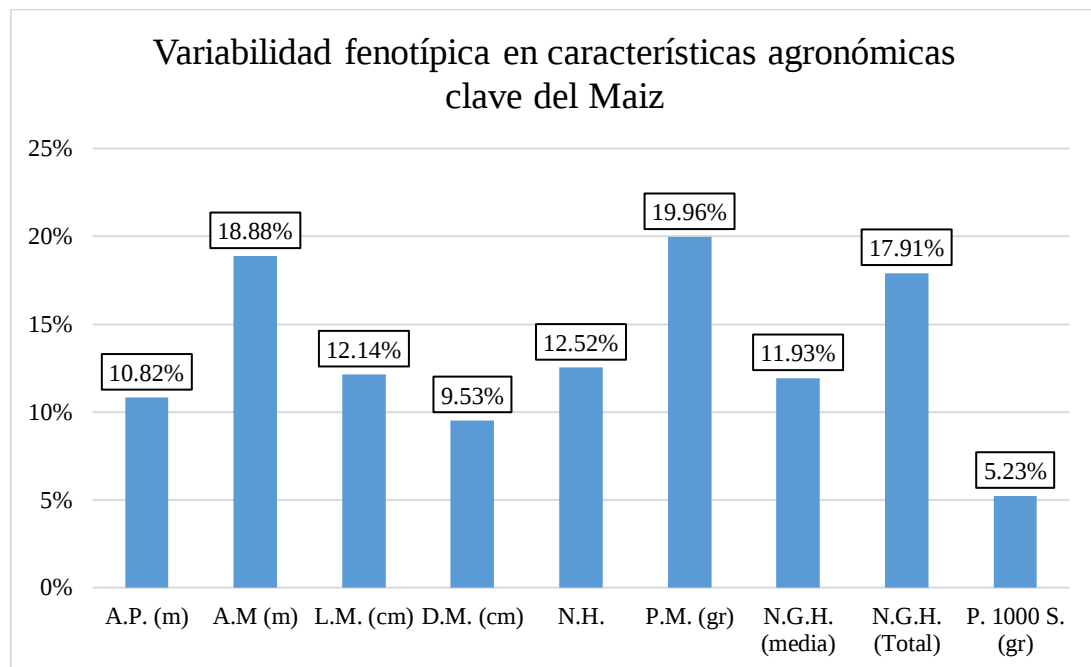
**CUADRO 6. DETERMINACIÓN DE LA VARIABILIDAD FENOTÍPICA EN
CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS CLAVE**

Repeticiones	A.P. (m)	A.M (m)	L.M. (cm)	D.M. (cm)	N.H.	P.M. (gr)	N.G.H. (media)	N.G.H. (Total)	P. 1000 S. (gr)
Repetición 1	2,32	1,12	15,00	5,03	14,00	219,40	30,07	425,00	522,30
	2,57	1,54	20,05	5,04	12,00	281,70	38,00	456,00	
	2,34	1,32	20,00	5,02	12,00	271,40	38,30	459,00	
	2,37	1,10	22,00	5,06	14,00	289,40	32,50	455,00	
	2,32	1,12	20,05	6,01	14,00	311,90	30,70	430,00	
	2,35	1,13	22,00	5,09	12,00	350,70	34,10	409,00	
	2,20	1,15	21,00	6,00	16,00	322,00	35,60	570,00	
	2,27	1,08	16,00	5,07	12,00	219,80	29,70	356,00	
	2,24	1,10	23,00	6,01	14,00	341,00	38,00	532,00	
	2,34	1,30	20,05	6,00	16,00	368,10	32,20	515,00	
Repetición 2	2,80	1,22	19,00	5,06	12,00	273,20	35,20	422,00	507,40
	2,35	1,13	19,00	5,09	12,00	298,90	32,20	386,00	
	2,65	1,43	19,00	6,02	14,00	268,40	35,50	489,00	
	2,82	1,38	18,00	5,09	14,00	299,40	31,40	440,00	
	2,35	1,10	17,05	6,04	14,00	302,40	28,40	398,00	
	2,45	1,32	19,00	5,07	12,00	308,10	30,90	371,00	
	2,47	1,29	15,00	5,01	12,00	181,40	25,30	303,00	
	2,45	1,36	18,00	5,06	12,00	230,80	32,00	384,00	
	2,22	1,06	16,00	6,01	14,00	257,40	26,00	364,00	
	2,57	1,28	17,00	5,06	12,00	266,90	29,30	351,00	
Repetición 3	1,90	0,95	18,00	6,01	16,00	347,00	31,40	503,00	520,20
	1,95	1,00	15,00	6,00	12,00	395,70	29,50	354,00	
	1,55	0,60	17,00	5,07	14,00	224,50	28,50	404,00	
	1,97	0,88	18,00	5,09	16,00	279,80	32,50	455,00	
	2,10	0,90	15,05	5,08	14,00	245,30	28,40	397,00	
	2,05	0,98	15,00	5,03	14,00	172,00	25,00	350,00	
	1,80	0,65	19,00	6,02	14,00	317,10	28,50	397,00	
	1,90	0,96	16,00	5,04	12,00	222,70	27,30	328,00	
	1,92	0,85	19,00	5,01	12,00	220,10	30,50	366,00	
	2,00	0,95	15,00	5,02	12,00	209,00	28,70	344,00	
Repetición 4	2,25	0,96	16,05	6,01	18,00	266,30	32,00	568,00	458,60
	2,07	0,81	17,00	4,09	10,00	187,90	33,10	331,00	
	2,50	1,34	21,05	5,04	10,00	252,80	39,80	398,00	
	2,26	0,96	21,05	5,09	16,00	314,20	34,40	551,00	
	2,25	0,75	20,00	6,09	14,00	411,90	35,80	502,00	

	2,10	0,95	16,00	6,02	12,00	293,80	29,30	352,00	
	2,30	1,25	22,00	5,09	14,00	387,40	36,40	510,00	
	2,25	1,07	19,00	5,04	12,00	302,00	38,20	459,00	
	2,45	1,20	21,00	6,02	14,00	386,00	36,40	509,00	
	2,40	1,11	20,05	6,01	14,00	375,80	35,90	503,00	
Repetición 5	2,45	1,28	20,00	6,07	16,00	349,40	38,90	622,00	492,20
	2,37	1,16	18,05	5,05	12,00	251,20	32,60	391,00	
	2,38	1,19	17,00	6,08	14,00	322,20	28,70	402,00	
	2,23	1,03	19,00	5,04	12,00	297,00	37,00	444,00	
	2,15	0,78	18,00	6,02	14,00	295,90	34,60	484,00	
	1,90	0,76	15,00	6,01	14,00	261,70	27,70	388,00	
	2,23	0,98	20,00	6,03	16,00	286,60	32,20	564,00	
	2,35	1,16	19,00	6,04	14,00	347,50	35,10	492,00	
	2,23	1,05	20,00	6,00	14,00	323,60	35,20	492,00	
	2,30	0,90	22,00	5,09	16,00	372,20	39,10	625,00	
Desviación Estándar	0,24	0,20	2,24	0,52	1,69	58,21	3,88	78,82	26,15
Media	2,26	1,08	18,49	5,46	13,52	291,62	32,56	440,00	500,14
Coefficiente de variación	10,82%	18,88%	12,14%	9,53%	12,52%	19,96%	11,93%	17,91%	5,23%

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO 1. DETERMINACIÓN DE LA VARIABILIDAD FENOTÍPICA EN CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS CLAVE



Fuente: Elaboración propia.

Valoración de los resultados de variabilidad fenotípica en características agronómicas clave

CUADRO 7. 1.1.1 VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS DE VARIABILIDAD FENOTÍPICA EN CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS CLAVE

Variable	CV (%)	Nivel de Variabilidad
Altura de Planta (A.P.)	10,82%	Moderada
Altura de Mazorca (A.M.)	18,88%	Alta
Longitud de Mazorca (L.M.)	12,14%	Moderada
Diámetro de Mazorca (D.M.)	9,53%	Baja
Número de Hileras (N.H.)	12,52%	Moderada
Peso de Mazorca (P.M.)	19,96%	Alta
N. de granos por hilera (NGHx)	11,93%	Moderada
N. de granos por hilera (NGHT)	17,91%	Alta
Peso de 1000 Semillas (P.1000S)	5,23%	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de los resultados:

Se evaluó la variabilidad fenotípica de diversas características agronómicas clave mediante el cálculo del coeficiente de variación (CV%), cuyos resultados se presentan en la figura correspondiente. El CV permitió estimar la dispersión relativa de cada

variable en relación con su media, identificando las características con mayor heterogeneidad dentro de la población evaluada.

El mayor nivel de variabilidad se registró en el peso de mazorca (P.M.), con un coeficiente de variación de 19,96 %, seguido por la altura de mazorca (A.M.), con 18,88 %, y el número total de granos por hilera (N.G.H. Total) con 17,91 %. Estos altos valores indican un amplio rango de expresión fenotípica, lo cual es favorable desde el punto de vista del mejoramiento genético, ya que ofrecen mayores oportunidades para identificar y seleccionar genotipos superiores que puedan aumentar el rendimiento del cultivo.

En un rango intermedio se ubicaron variables como el número de hileras (N.H.) con 12,52 %, la longitud de mazorca (L.M.) con 12,14 %, y el número promedio de granos por hilera (N.G.H. media) con 11,93 %. Esta variabilidad moderada sugiere una base genética intermedia, que aún permite ciertas posibilidades de mejora, aunque con una menor amplitud de respuesta a la selección.

Por otro lado, las características con menor coeficiente de variación fueron la altura de planta (A.P.) con 10,82 %, el diámetro de mazorca (D.M.) con 9,53 %, y especialmente el peso de 1000 semillas (P. 1000 S.), con solo 5,23 %. Estos bajos valores indican una mayor homogeneidad en la población evaluada para estas características, lo que puede reflejar una estabilidad genética consolidada o, en su defecto, una fuerte influencia del ambiente que reduce las diferencias fenotípicas observadas.

Análisis de los resultados:

El análisis de los coeficientes de variación proporciona evidencia útil para la toma de decisiones en programas de mejoramiento genético. Características como el peso de mazorca y el número total de granos por hilera, al mostrar una alta variabilidad, se convierten en objetivos prioritarios para selección, pues tienen más potencial de mejora mediante cruzamientos o selección directa.

En contraste, características como el peso de 1000 semillas, con una variabilidad muy baja, podrían estar altamente canalizadas genéticamente o haber sido sujetas a

selección estabilizadora en generaciones anteriores. Aunque esta baja variación puede ser vista como una ventaja para mantener uniformidad del producto final, también podría limitar la posibilidad de mejora si se requiere incrementar masa de semilla en futuras variedades.

También es importante considerar que los valores intermedios de variabilidad, como los observados en longitud de mazorca y número de hileras, podrían estar influenciados tanto por factores genéticos como ambientales. En estos casos, se recomienda un análisis de heredabilidad para diferenciar la influencia genética de la ambiental.

ESTIMACIÓN DE LA HEREDABILIDAD DE CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS CLAVE A PARTIR DEL ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD FENOTÍPICA

Procedimiento de cálculo de heredabilidad

Paso 1: Organización de los datos

Recolecta los datos fenotípicos evaluados en varias repeticiones (R), en este caso 5 repeticiones y 50 tratamientos, con el mismo número de observaciones por repetición (n=10).

Paso 2: Calcular la media por repetición

Para cada repetición y para cada fenotipo evaluado se calcula la media:

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{ij}$$

Una vez organizados los datos, se calcula la media fenotípica para cada tratamiento dentro de cada repetición. Esto significa que, para cada uno de los 50 tratamientos, se promedian las 10 observaciones correspondientes a cada una de las 5 repeticiones. El resultado será una tabla de 50 tratamientos $\times$ 5 repeticiones, donde cada celda contiene la media de ese tratamiento en esa repetición.

Paso 3: Calcular la media General

Posteriormente se promedia las medias de cada repetición y cada fenotipo:

$$\bar{X} = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r \bar{X}_i$$

Después de obtener las medias por repetición para cada tratamiento, se calcula la media general de cada tratamiento a lo largo de las repeticiones. Es decir, se promedian las cinco medias obtenidas en el paso anterior para cada tratamiento.

Paso 4: Estimar la varianza genética σ_g^2

Calcula la varianza de las medias de repetición (análisis entre repeticiones):

$$\sigma_g^2 = \frac{1}{r-1} \sum_{i=1}^r (\bar{X}_i - \bar{X})^2$$

Aquí se busca determinar cuánta de la variación total observada entre tratamientos es atribuible a diferencias genéticas. Para esto, se calcula la varianza entre tratamientos usando las medias por repetición, lo que representa la varianza genética estimada.

Paso 5: Estimar la varianza ambiental σ_e^2

Para estimar el componente ambiental de la variación fenotípica (incluyendo error experimental), se calcula la varianza dentro de cada repetición. Es decir, para cada repetición y tratamiento, se calcula la varianza entre las 10 observaciones. Luego, estas varianzas se promedian entre sí.

Calcula la varianza de los datos **dentro de cada repetición**, y luego promedia estas varianzas:

Para cada repetición:

$$s_i^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i)^2$$

Luego promedia todas las varianzas:

$$\sigma_e^2 = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r s_i^2$$

Esta varianza representa la **influencia ambiental y el error experimental**.

Paso 6: Calcular la heredabilidad (H^2)

Con los valores de varianza genética y ambiental estimados, se calcula la heredabilidad en sentido amplio, que representa la proporción de la variación fenotípica total que se debe a diferencias genéticas entre los tratamientos:

$$H^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_e^2}$$

Heredabilidad altura de la planta

CUADRO 8. HEREDABILIDAD ALTURA DE LA PLANTA

Heredabilidad de Altura de Planta						
Repeticiones	1	2	3	4	5	Media general
A.P. media (m)	2,332000	2,513000	1,914000	2,283000	2,259000	2,2602
Varianza genética	0,005155	0,063908	0,119854	0,000520	0,000001	0,047360
Varianza ambiental	0,009840	0,038601	0,023427	0,019068	0,024077	0,023002
Heredabilidad (%)						67,31%

Fuente: Elaboración propia.

La altura de planta muestra una heredabilidad alta (67,31 %), lo que indica que la mayor parte de la variación observada se debe a diferencias genéticas y no tanto al ambiente. Esto significa que la selección de plantas más altas será muy eficiente y permitirá

avances genéticos rápidos en las siguientes generaciones. Es un carácter ideal para ser mejorado mediante selección masal estratificada.

Heredabilidad altura de la mazorca

CUADRO 9. HEREDABILIDAD ALTURA DE LA MAZORCA

Heredabilidad Altura de la mazorca						
Repeticiones	1	2	3	4	5	Media general
A.M. media (m)	1,196000	1,257000	0,872000	1,040000	1,029000	1,0788
Varianza genética	0,013736	0,031755	0,042766	0,001505	0,002480	0,023061
Varianza ambiental	0,021604	0,015801	0,019173	0,035933	0,030788	0,024660
Heredabilidad (%)						48,32%

Fuente: Elaboración propia.

La altura de la mazorca presenta una heredabilidad moderada (48,32%). Aproximadamente la mitad de la variación es genética, por lo que la selección puede ser efectiva, aunque el ambiente también tiene un peso importante. Se recomienda complementar la selección con prácticas de manejo agronómico para maximizar el avance genético.

Heredabilidad Longitud de la mazorca

CUADRO 10. HEREDABILIDAD LONGITUD DE LA MAZORCA

Heredabilidad longitud de la mazorca						
Repeticiones	1	2	3	4	5	Media general
L.M. media (cm)	19,915000	17,705000	16,705000	19,320000	18,805000	18,4900
Varianza genética	2,030625	0,616225	3,186225	0,688900	0,099225	1,655300
Varianza ambiental	6,548361	2,003583	2,881361	4,909556	3,724694	4,013511
Heredabilidad (%)						29,20%

Fuente: Elaboración propia.

La longitud de la mazorca tiene una heredabilidad baja-intermedia (29,20%). La influencia ambiental es considerable, por lo que la selección genética tendrá un impacto limitado y los avances serán lentos. Es importante reducir la variabilidad ambiental durante la selección para mejorar la eficiencia.

Heredabilidad diámetro de la mazorca

CUADRO 11. HEREDABILIDAD DIÁMETRO DE LA MAZORCA

Heredabilidad Diámetro de la mazorca						
Repeticiones	1	2	3	4	5	Media general
D.M. media (cm)	5,433000	5,351000	5,337000	5,450000	5,743000	5,4628
Varianza genética	0,000888	0,012499	0,015826	0,000164	0,078512	0,026972
Varianza ambiental	0,242757	0,215788	0,216357	0,459067	0,222890	0,271372
Heredabilidad (%)						9,04%

Fuente: Elaboración propia.

El diámetro de la mazorca muestra una heredabilidad muy baja (9,04 %). La variación observada se debe casi totalmente al ambiente. Por lo tanto, la selección genética para este carácter será poco efectiva. Se recomienda enfocar los esfuerzos de mejoramiento en otros caracteres o mejorar el manejo agronómico para influir en este rasgo.

Heredabilidad número de hileras

CUADRO 12. HEREDABILIDAD NÚMERO DE HILERAS

Heredabilidad Número de hileras						
Repeticiones	1	2	3	4	5	Media general
N.H. media	13,600000	12,800000	13,600000	13,400000	14,200000	13,5200
Varianza genética	0,006400	0,518400	0,006400	0,014400	0,462400	0,252000
Varianza ambiental	2,488889	1,066667	2,488889	6,266667	2,177778	2,897778
Heredabilidad (%)						8,00%

Fuente: Elaboración propia.

El número de hileras también presenta una heredabilidad muy baja (8,00%), lo que implica que el ambiente es el principal determinante de la variabilidad. La selección genética tendrá un impacto mínimo y se recomienda priorizar otros caracteres con mayor heredabilidad.

Heredabilidad peso de la mazorca

CUADRO 13. 1.1.1 HEREDABILIDAD PESO DE LA MAZORCA

Heredabilidad peso de la mazorca						
Repeticiones	1	2	3	4	5	Media general
P.M. media (gr)	297,540000	268,690000	263,320000	317,810000	310,730000	291,6180
Varianza genética	35,070084	525,693184	800,776804	686,020864	365,268544	603,207370
Varianza ambiental	2627,533778	1527,949889	4925,595111	5144,896556	1540,180111	3153,231089
Heredabilidad (%)						16,06%

Fuente: Elaboración propia.

El peso de la mazorca tiene una heredabilidad baja (16,06%), predominando la influencia ambiental sobre la genética. La selección puede tener un efecto modesto, pero se recomienda mejorar el manejo de campo para incrementar este rasgo.

Heredabilidad número de granos por hilera

CUADRO 14. HEREDABILIDAD NÚMERO DE GRANOS POR HILERA

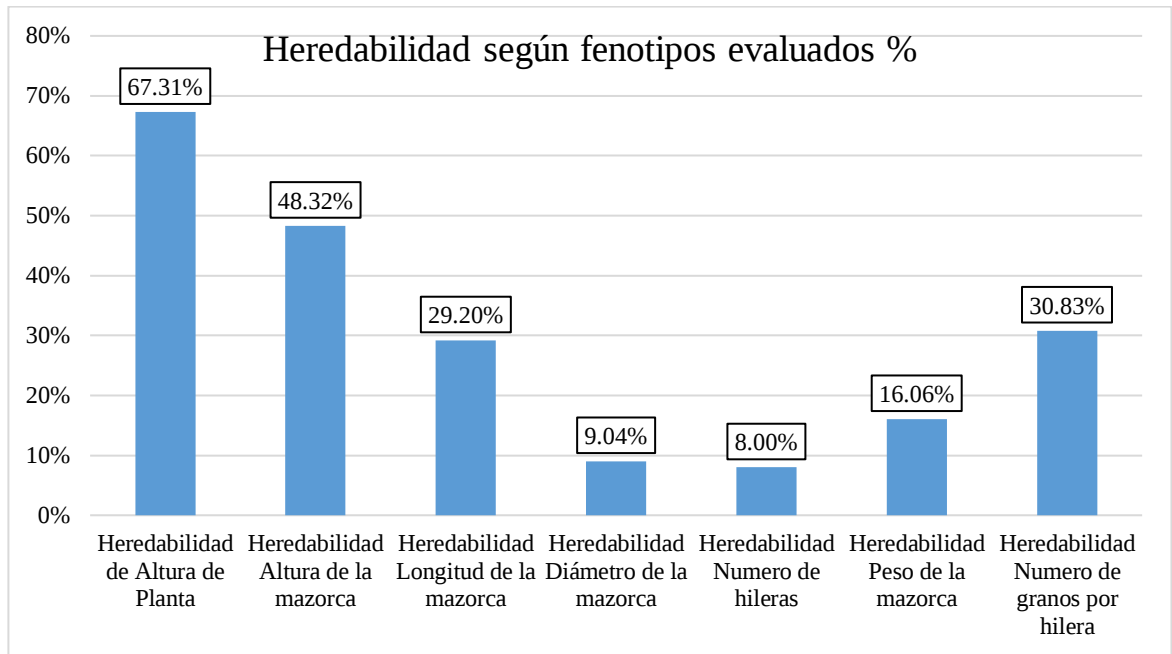
Heredabilidad número de granos por hilera						
Repeticiones	1	2	3	4	5	Media general
N.G.H.	460,700000	390,800000	390,800000	468,300000	490,400000	440,2000
Varianza genética	420,250000	2440,360000	2440,360000	789,610000	2520,040000	2152,655000
Varianza ambiental	3987,566667	2617,955556	2968,844444	6657,788889	7914,711111	4829,373333
Heredabilidad (%)						30,83%

Fuente: Elaboración propia.

El número de granos por hilera tiene una heredabilidad baja-intermedia (30,33 %). Existe cierto potencial de mejora genética, pero el ambiente sigue teniendo un papel importante. La selección puede ser útil si se realiza bajo condiciones controladas o estandarizadas.

Síntesis de la heredabilidad según los fenotipos evaluados

GRÁFICO 2. SÍNTESIS DE LA HEREDABILIDAD SEGÚN LOS FENOTIPOS EVALUADOS



Fuente: Elaboración propia.

- **Heredabilidad de Altura de Planta (67,31 %):** Este valor indica que una proporción alta de la variación observada en la altura de planta se debe a factores genéticos. Es decir, el 67,31 % de la diferencia entre plantas en este rasgo puede ser atribuida a la herencia. Esto convierte a la altura de planta en un carácter altamente seleccionable. En un programa de mejoramiento, como el que se aplica en la comunidad de Pajonalcito con selección masal estratificada, la mejora de este rasgo puede lograrse con relativa rapidez y efectividad, reflejando una alta respuesta a la selección artificial.
- **Heredabilidad de Altura de la Mazorca (48,32 %):** La heredabilidad moderada de este rasgo sugiere que aproximadamente la mitad de su variabilidad está determinada por factores genéticos. Esto indica que existe un buen potencial para

mejorar esta característica mediante selección, aunque la respuesta será menos directa que en la altura total de la planta. La altura de la mazorca es un componente importante desde el punto de vista agronómico, ya que influye en la estabilidad de la planta y en la facilidad de cosecha, por lo tanto, su inclusión como criterio de selección es justificable.

- Heredabilidad de la Longitud de la Mazorca (29,20 %): En este caso, la heredabilidad es baja a moderada, lo que significa que la mayor parte de la variación observada en la longitud de la mazorca se debe al ambiente más que a la genética. Aunque puede haber cierto grado de mejora con la selección, esta será limitada y más lenta. Para lograr avances significativos en este rasgo, sería necesario controlar estrictamente las condiciones de cultivo y posiblemente complementar con cruzamientos o selección asistida por marcadores.
- Heredabilidad del Diámetro de la Mazorca (9,04 %): Este valor refleja una heredabilidad muy baja, lo que indica que el diámetro de la mazorca está determinado principalmente por factores ambientales. La selección masal en este caso tendría poca efectividad, ya que las diferencias entre plantas son poco estables de una generación a otra. Por tanto, no se recomienda enfocar esfuerzos de mejoramiento genético en este rasgo en las etapas iniciales del programa.
- Heredabilidad del Número de Hileras (8,00 %): Al igual que el diámetro, el número de hileras presenta una heredabilidad muy baja, lo que sugiere que es altamente influenciado por el ambiente. La selección para mejorar este carácter tendría escasa eficiencia, y cualquier progreso sería incierto. En este sentido, se recomienda no considerar este rasgo como prioridad en la selección hasta que se logren condiciones más controladas o se recurra a métodos más precisos de mejoramiento.
- Heredabilidad del Peso de la Mazorca (16,06 %): Aunque el peso de la mazorca es un indicador importante del rendimiento, su baja heredabilidad indica que está fuertemente influenciado por el ambiente. Si bien puede haber cierta mejora a través de la selección, esta será modesta y puede requerir varios ciclos. En este caso, una estrategia complementaria sería mejorar las condiciones agronómicas junto con la selección para maximizar el potencial de rendimiento.

- Heredabilidad del Número de Granos por Hilera (30,83 %): Este rasgo presenta una heredabilidad baja a moderada, lo que indica que una proporción significativa de su variación es heredable. Aunque el ambiente influye en gran medida, aún existe un potencial razonable para mejorarlo mediante selección. Es un carácter relevante porque impacta directamente en la productividad del maíz, por lo que puede ser incluido como criterio de selección secundaria, especialmente si se combina con rasgos de mayor heredabilidad como la altura de planta.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El análisis de la variabilidad fenotípica, medido a través del coeficiente de variación (CV%), permitió identificar diferencias significativas en la expresión de características agronómicas dentro de la población segregante de maíz evaluada. Esta evaluación constituye una herramienta clave para orientar procesos de selección en programas de mejoramiento genético.

Los resultados evidenciaron una alta variabilidad en el peso de mazorca (19,96 %), la altura de mazorca (18,88 %) y el número total de granos por hilera (17,91 %), lo que sugiere que estas características presentan un amplio rango de expresión fenotípica. Esta dispersión es altamente favorable desde el punto de vista genético, ya que indica la existencia de una base genética diversa que puede ser aprovechada para la identificación y selección de genotipos superiores orientados al aumento del rendimiento.

Las variables con variabilidad intermedia, como el número de hileras, la longitud de mazorca y el número promedio de granos por hilera, muestran un potencial moderado para selección, siendo susceptibles de mejora bajo estrategias de selección más dirigidas o multigeneracionales. Sin embargo, estas también podrían estar influenciadas parcialmente por factores ambientales, lo que exige una evaluación más profunda para estimar con precisión su heredabilidad y determinar si la variación observada tiene origen genético o ambiental.

Por otro lado, los bajos coeficientes de variación observados en variables como el peso de 1000 semillas (5,23 %), el diámetro de mazorca (9,53 %) y la altura de planta (10,82 %) indican una uniformidad fenotípica considerable. Esta uniformidad puede deberse a una fuerte selección estabilizadora o a un control genético más consolidado, lo que reduce la expresión de variabilidad en estas características. Aunque esto puede ser beneficioso para mantener la homogeneidad

y calidad comercial, también podría limitar el avance genético futuro si no se identifica suficiente variación genética subyacente.

- El análisis de los valores de heredabilidad de los caracteres agronómicos evaluados en el cultivo de maíz en la comunidad de Pajonalcito permite identificar claramente el potencial de mejora genética de cada uno dentro del programa de mejoramiento basado en selección masal estratificada. La altura de planta, con una heredabilidad de 67,31 %, se posiciona como el rasgo más prometedor, ya que su alta proporción de variabilidad genética asegura una respuesta eficaz y predecible a la selección. Este carácter puede ser mejorado con relativa rapidez y constituye un eje clave para incrementar la adaptabilidad y vigor de las plantas.

Por su parte, la altura de la mazorca presenta una heredabilidad moderada (48,32 %), lo que indica un balance adecuado entre control genético y ambiental. Dada su relevancia para la arquitectura de la planta y la eficiencia en la cosecha, resulta conveniente integrarla como un criterio prioritario en los ciclos de selección.

En cambio, caracteres como la longitud de la mazorca (29,20 %) y el número de granos por hilera (30,83 %) muestran una heredabilidad baja a moderada. Aunque es posible obtener avances genéticos en estos rasgos, la selección será menos eficiente y más sensible a condiciones ambientales, por lo que su mejora podría complementarse con tecnologías adicionales como cruzamientos estratégicos o selección asistida por marcadores moleculares.

Los caracteres con muy baja heredabilidad, como el diámetro de la mazorca (9,04 %) y el número de hileras (8,00 %), reflejan una alta dependencia de factores ambientales. La escasa proporción de variabilidad genética hace que la selección sea ineficiente en estos casos, y cualquier esfuerzo de mejoramiento directo debería posponerse o considerarse solo si se logran condiciones de cultivo más estables y controladas.

Finalmente, el peso de la mazorca, a pesar de su importancia en el rendimiento global, presenta una heredabilidad baja (16,06 %), lo que sugiere que su mejora será posible únicamente mediante una estrategia mixta que combine selección genética con mejoras en el manejo agronómico.

En conjunto, estos resultados permiten jerarquizar los caracteres según su potencial de respuesta a la selección, lo cual es esencial para planificar de manera eficiente los ciclos de mejoramiento genético. Priorizar los caracteres con alta y moderada heredabilidad, como la altura de planta y altura de mazorca, permitirá obtener resultados visibles y sostenibles en menos tiempo, contribuyendo a la conservación y productividad del maíz en condiciones locales.

- Los resultados obtenidos en este estudio permiten concluir que la selección de genotipos superiores en la población segregante de maíz es factible y puede ser orientada eficazmente mediante la integración de dos enfoques clave: el análisis de la variabilidad fenotípica y la estimación de la heredabilidad. La alta variabilidad fenotípica observada en caracteres como el peso de mazorca (19,96 %), altura de mazorca (18,88 %) y número total de granos por hilera (17,91 %) evidencia una amplitud en la expresión de estos rasgos, lo cual es altamente favorable para el mejoramiento genético, siempre que se utilicen métodos de selección que controlen los efectos ambientales.

La heredabilidad, por su parte, proporcionó información precisa sobre el grado en que cada característica está controlada por factores genéticos. En este sentido, la altura de planta (67,31 %) se identificó como el carácter más confiable y con mayor respuesta esperada a la selección, mientras que la altura de la mazorca (48,32 %) mostró también un buen potencial de mejora bajo selección artificial. Estos caracteres, al presentar una mayor proporción de variación genética, son menos susceptibles a las fluctuaciones ambientales, lo que los convierte en objetivos prioritarios para programas de mejoramiento orientados a la obtención de semillas con alta estabilidad fenotípica.

Por otro lado, aquellos caracteres con baja heredabilidad, como el diámetro de la mazorca (9,04 %), el número de hileras (8,00 %) y el peso de la mazorca (16,06 %), si bien pueden ser importantes desde el punto de vista agronómico, requieren la aplicación de técnicas que reduzcan la influencia del ambiente, como evaluaciones multianuales, el uso de parcelas controladas o incluso herramientas biotecnológicas que permitan identificar la base genética subyacente.

En conclusión, mediante una selección enfocada en caracteres con alta y moderada heredabilidad y una adecuada interpretación de la variabilidad fenotípica, es posible identificar genotipos superiores que reúnan atributos deseables para el rendimiento y la adaptación. Esta estrategia, aplicada bajo técnicas que minimicen el ruido ambiental, permitirá generar semillas mejoradas con valor agronómico elevado y mayor estabilidad en su comportamiento productivo, asegurando un avance genético sostenido y relevante para las condiciones agroecológicas locales de Pajonalcito.

RECOMENDACIONES

- Priorizar la selección de altura de planta y altura de mazorca, debido a su alta y moderada heredabilidad, respectivamente, para lograr avances genéticos rápidos y estables.
- Complementar la mejora de caracteres con baja heredabilidad, como el peso de mazorca y número de hileras, con manejo agronómico eficiente y evaluación en ambientes controlados.