

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

En Bolivia, el maíz constituye el segundo cultivo más importante desde el punto de vista de seguridad alimentaria, después de la papa (*Solanum tuberosum* L.), logrando alcanzar una superficie de 301 650 ha, cultivadas gran parte en forma tradicional, es parte casi de todos los sistemas de producción agrícola, cultivándose en diferentes latitudes y altitudes. Este cultivo pertenece a la familia Poaceae cuyo nombre científico es *Zea mays* L.

Según datos del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (2012), Santa Cruz es el departamento con la producción de maíz más alta correspondiente en gran medida a grano duro para alimentación animal y su producción ocupa el 50,3%. Cochabamba representa el principal productor de maíz blanco de consumo humano y también es quien conserva mayor variedad genética, seguido por Chuquisaca y Tarija. Otras zonas de producción maicera corresponden a Potosí, La Paz, Beni y Pando, pero con porcentajes menores. AgroAvances, (2020) dice que Cochabamba es el principal productor del país de maíz choclero y cada año produce más de 180 mil toneladas, siendo el alimento más consumido en el país con una cantidad de 15 kilos por persona al año, sea en comida seca o en bebidas. (INE, 2017), el rendimiento en promedio es registrado 2.074 kg/ha a nivel nacional, siendo el departamento de Tarija como el departamento con mayor rendimiento 2.510 kg/ha registrado y el departamento de Oruro como el departamento con menor porcentaje de rendimiento 739 kg/ha. El departamento de La Paz registra un rendimiento promedio de 1.255 kg/ha.

Como se puede ver, la erosión genética y la introducción de variedades comerciales han puesto en riesgo la diversidad genética del maíz local generando problemas de pureza, con consecuencias negativas para la adaptación a condiciones cambiantes. Una alternativa para mejorar los ingresos por los precios que tiene en el mercado el maíz waltaco es validar las cuarenta familias de maíz waltaco que se tiene, buscando resistencia a la pudrición de la mazorca por *Fusarium* spp.

El presente estudio tiene como objetivo identificar familias de maíz waltaco con tolerancia a la pudrición de mazorca en la comunidad de Jarcas, con el fin de contribuir a la conservación de la diversidad genética de este cultivo y a la mejora de la seguridad alimentaria de los productores locales.

JUSTIFICACIÓN

"El maíz blanco waltaco es un cultivo de gran importancia cultural y económica para la comunidad de Jarcas, como a nivel nacional en Bolivia, al ser un maíz que se desarrolla en valles altos y por sus diferentes usos como para mote, choclo y harina, proporciona de esta manera seguridad alimentaria y sustento a numerosas familias. Sin embargo, la incidencia de la pudrición de mazorca ha disminuido significativamente los rendimientos y la calidad del grano en los últimos años, generando pérdidas económicas considerables y poniendo en riesgo la sostenibilidad de la producción.

A pesar de la relevancia del maíz waltaco, existen pocos estudios sobre su diversidad genética y su resistencia a enfermedades. La falta de información sobre la tolerancia a la pudrición de mazorca limita el desarrollo de estrategias de manejo más eficientes y adaptadas a las condiciones locales.

Esta investigación busca llenar este vacío de conocimiento al identificar las características agronómicas de las familias de maíz waltaco con alto potencial agronómico y tolerancia a la pudrición de mazorca. Los resultados obtenidos permitirán que los comunarios de la zona puedan tener una mejora significativa en su producción preservando el material genético y así generar un sustento para sus familias ya que es uno de las principales fuentes de ingresos que tienen.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Al ser Bolivia un país con una amplia diversidad genética en maíces criollos e introducidos sea a dado el ingreso a distintas comunidades o zonas de materiales que no son propias del lugar generando recombinaciones, por tanto, provocando la perdida de materiales locales de importancia para los agricultores de las comunidades campesinas tarijeñas, por contaminación genética y enfermedades fungosas.

Por este motivo El maíz waltaco es un cultivo de gran importancia para la comunidad de Jarcas, tanto desde el punto de vista cultural como económico. Sin embargo, la incidencia de la pudrición de mazorca ha disminuido significativamente los rendimientos y la calidad del grano en los últimos años. Ante esta problemática, resulta fundamental identificar familias de maíz waltaco con tolerancia a esta enfermedad para garantizar la sostenibilidad de la producción y preservar el patrimonio genético local.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Identificar familias de maíz waltaco que presenten tolerancia a la pudrición de mazorca en la comunidad de jarcas provincia Méndez, municipio de San Lorenzo.

Objetivos Específicos

- Evaluar la incidencia y severidad de pudrición de mazorca en diferentes familias de maíz waltaco.
- Seleccionar familias de maíz waltaco con tolerancia a la pudrición de mazorca.
- Determinar características agronómicas de las familias de maíz que presenten tolerancia a la pudrición de mazorca.

HIPÓTESIS

En el proceso de selección de familias de maíces waltaco con posible tolerancia a *Fusarium spp.* no se encontraron familias con características de tolerancia a la enfermedad de pudrición de Mazorca.

CAPÍTULO I
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1.ORIGEN

El maíz se originó en una parte restringida de México y los tipos más desarrollados emigraron posteriormente hacia otros sitios de América. Hoy no hay dudas del origen americano del maíz, pero nunca fue mencionado en ningún tratado antiguo, ni en la Biblia, hasta el descubrimiento de América por Cristóbal Colón, quien lo vio por primera vez en la isla de Cuba en octubre de 1492. El maíz surgió aproximadamente entre los años 8 000 y 600 AC en Mesoamérica (México y Guatemala), probablemente a lo largo del acantilado occidental de México Central o del Sur, a 500 km de la Ciudad de México. (Acosta, 2009).

Pero el maíz también se cultivó en la región andina del Ecuador desde hace unos 5,000 años, Los antiguos pueblos de la región andina ecuatoriana utilizaron el maíz como una fuente importante de alimento y también lo integraron en sus tradiciones culturales y religiosas. El maíz era considerado sagrado y se utilizaba en ceremonias y rituales. Los pueblos indígenas de la región andina desarrollaron técnicas especiales de cultivo y procesamiento para producir diferentes variedades de maíz con sabores y texturas únicos. (Vargas, 2023).

1.2.TAXONOMÍA

Reino: Vegetal.

Phylum: Telemophytae.

División: Tracheophytae.

Sub división: Anthophyta.

Clase: Angiospermae.

Sub clase: Monocotyledoneae.

Orden: Poales.

Familia: Poaceae.

Sub Familia: Panicoideae.

Tribu: Maydeae.

Nombre científico: Zea mays L.

Nombre común: Maíz.

Fuente: (Herbario Universitario (T.B.), 2025)

1.3.CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MAÍZ

1.3.1. Botánica

El maíz es una planta de crecimiento anual, el ciclo vegetativo es muy amplio dependiendo de la variedad y de las condiciones del cultivo pueden variar de 80 a 200 días desde la siembra hasta la cosecha. (Molina, 2020).

1.3.2. Raíces

Son fasciculadas y su misión es aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias. El inicio del crecimiento, al ocurrir la germinación, se expresa a través de la aparición de la radícula; ésta demora en promedio entre 2 y 4 días en romper la cubierta del pericarpio. Luego del crecimiento inicial de la radícula, aparecen casi simultáneamente tres raíces seminales. La radícula y las raíces seminales son fundamentales hasta que la planta alcanza tres hojas, estado en que la presencia de raíces principales es aún muy escasa. Al estado de cuatro hojas las raíces primarias dejan de crecer y van perdiendo gradualmente su importancia. (Ocampo, 2021).

1.3.3. Tallo

El tallo central del maíz es un eje formado por nudos y entrenudos, cuyo número y longitud varían notablemente. La parte inferior y subterránea del tallo tiene entrenudos muy cortos de los que salen las raíces principales y los brotes laterales. Los entrenudos superiores son cilíndricos en corte transversal se observa que la epidermis se forma de

paredes gruesas y haces vasculares cuya función principal es la conducción de agua y sustancias nutritivas obtenidas del suelo o elaboradas en las hojas. (Gonzales, 2020).

1.3.4. Hojas

Las hojas son simples, de forma lineal, cuentan con una vaina que nace de cada nudo el cual presenta disposición alterna dística a lo largo del tallo. (Acosta, 2023).

1.3.5. Inflorescencia

La planta de maíz posee estructuras florales monoicas; desarrolla inflorescencias con flores de un solo sexo, que crecen siempre en lugares separados, pero en la misma planta. La inflorescencia masculina nace antes que las femeninas en el punto de crecimiento apical en el extremo superior del tallo y la inflorescencia femenina crece a partir de las yemas apicales en la axila de las hojas ubicándose aproximadamente en el punto medio del tallo. Inicialmente, las dos inflorescencias tienen primordios de flores bisexuales, sin embargo, en el proceso de crecimiento los primordios de los estambres en la inflorescencia axilar abortan y queda solo la inflorescencia femenina, de forma similar, los primordios del gineceo en la inflorescencia apical abortan y queda solo la 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. 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 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. (Herrera, 2021).

1.3.6. Grano

La cubierta de la semilla (fruto) se llama pericarpio, es dura, por debajo se encuentra la capa de aleurona que le da color al grano (blanco, amarillo, morado), contiene proteínas y en su interior se halla el endosperma con el 85-90% del peso del grano. El embrión está formado por la radícula y la plúmula. La semilla de maíz está contenida dentro de un fruto denominado cariósido; la capa externa que rodea este fruto corresponde al pericarpio, estructura que se sitúa por sobre la testa de la semilla. Esta última está conformada internamente por el endosperma y el embrión, el cual a su vez está constituido por la coleoriza, la radícula, la plúmula u hojas embrionarias, el coleoptilo y el escutelo o cotiledón. (Ocampo, 2021).

1.4.PRODUCCIÓN MUNDIAL

La producción mundial de maíz para el ciclo 2023/24 alcanzaría 1230,2 Millones de toneladas (Mt), cifra que significa un incremento de un 6,3 % en comparación a la campaña 2022/23 (1157,5 Mt). Para Estados Unidos, la producción se ubicaría alrededor de los 389,7 Mt, aumentando un 12,4% respecto a la campaña anterior (346,7 Mt), en tanto que, China aumentaría su cosecha 4,2%, alcanzando 288,8 Mt. Por su parte, la Unión Europea crecería un 14,7 % con 60,1 Mt, mientras que, Ucrania, con 29,5 Mt, exhibiría un aumento de 9,3 %. Para Brasil, la producción alcanzaría 129 Mt, cifra que representaría un decrecimiento de 5,8 % en comparación a la campaña anterior, mientras que, para Argentina la cosecha llegaría a 56 Mt, creciendo así un 55,6 % respecto al ciclo pasado. Las exportaciones mundiales del grano aumentarían un 12,3 %, pasando de 180,2 Mt en la campaña 2022/23 a 202,3 Mt en este nuevo ciclo, siendo Estados Unidos mayor exportador del grano con 53,3 Mt, lo que significaría un

aumento de 26,4 % respecto a la campaña anterior. La oferta exportable suramericana presentaría un aumento significativo por parte de Argentina, pues se incrementaría en este nuevo ciclo un 68,0 % con 42,0 Mt, en tanto que, para Brasil se estiman 52 Mt, lo que representaría un descenso de 4,2 % frente a la campaña anterior. China demandaría importaciones de maíz por 23 Mt, lo que significa un aumento de 22,9 % frente a la campaña anterior (18,7 Mt), mientras que, la Unión Europea importaría 22,0 Mt, es decir, un 5,0 % menos que en el ciclo 2022/23 (23,2 Mt). Los stocks finales aumentarían un 6,0 % a nivel mundial, ubicándose en 319,6 Mt. De hecho, para Estados Unidos las existencias crecerían un 59,7 %, mientras que, para Brasil estas decrecerían 46,2 %. (3TRES3, 2024).

1.5.PRODUCCIÓN NACIONAL

Según datos de la Asociación de productores de Maíz y Sorgo (PROMASOR), la producción nacional de maíz es de aproximadamente un millón de toneladas y la demanda nacional es de un millón trescientas mil toneladas, mostrando un déficit anual de 300.000 toneladas. Santa Cruz es el departamento con la producción de maíz más alta correspondiente en gran medida a grano duro para alimentación animal y su producción ocupa el 50,3%. Cochabamba representa el principal productor de maíz blanco de consumo humano y también es quien conserva mayor variedad genética, seguido por Chuquisaca y Tarija. Otras zonas de producción maicera corresponden a Potosí, La Paz, Beni y Pando, pero con porcentajes menores. (Zarate, 2022).

1.6.PRODUCCIÓN DEPARTAMENTAL

Acosta informó que entre 2017 y 2018 se sembró maíz en grano en 38.678 hectáreas (ha) y produjo 90.128 toneladas (t) es decir unos 2.330 kilogramos (kg) por ha; mientras del choclero se cultivó en 545 ha, que generó 1.380 t, a razón de 2.532 kg por ha. Por su parte, el productor José Lino Jaramillo, apuntó que el maíz se siembra en todo el valle central de Tarija que comprende las provincias Cercado, Méndez Avilés, Padcaya, incluso O'Connor y en algunas zonas del Chaco. Calculó que son cultivadas unas 12 variedades de las más rentables. En un buen año, si no se ha sufrido

inclemencias naturales como las heladas, granizadas o sequías se puede obtener hasta 80 quintales por ha. (Patiño, 2019).

TABLA 1: PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO AGRÍCOLA SEGÚN CULTIVO DE TARIJA POR AÑO

TARIJA: SUPERFICIE, PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO POR AÑO AGRÍCOLA SEGÚN CULTIVO						
CULTIVO	2017-2018 (p)			2018-2019 (p)		
	Superficie (ha)	Producción (t)	Rendimiento (kg/ha)	Superficie (ha)	Producción (t)	Rendimiento (kg/ha)
CEREALES	64.943	208.673		61.895	163.934	
ARROZ CON CÁSCARA	325	713	2.193	299	730	2.441
AVENA	529	510	964	527	461	876
CAÑA HUA						
CEBADA EN GRANO	365	546	1.496	335	503	1.502
CENTENO	7	4	574	6	4	579
MAÍZ EN GRANO	58.814	200.492	3.409	55.703	155.086	2.784

Fuente: (INE y MDRyT, 2019).

1.7.TIPOS DE MAÍCES

1.7.1. Maíz duro

Es el tipo de maíz más antiguo, y se cree que los cultivares locales originales eran de maíz duro. Los granos de este maíz son redondos y duros al tacto, por lo que germina mejor que otros, sobre todo en suelos húmedos y fríos. También vale la pena mencionar que está menos sujeto a daños por insectos y mohos, además de ser el predilecto para consumo humano y para hacer fécula de maíz. Aprende (Institute, 2021).

1.7.2. Maíz reventón o reventador

Consiste en una variante extrema del maíz duro, pero con granos pequeños de forma redonda u oblonga. Al calentarse, el grano revienta, de ahí su nombre. Se cultiva a pequeña escala y en países no tropicales, y se suele usar principalmente en las palomitas, conocidas así en México, pero con otros nombres como crispetas en Colombia, pipocas en Bolivia y Brasil o cabritas en Chile. Aprende (Institute, 2021).

1.7.3. Maíz dulce

Sus granos son relativamente blandos debido a su alto nivel de humedad y azúcares, de ahí su nombre. Es muy susceptible a enfermedades y también tiene un menor rendimiento en comparación con otros maíces. Por estas razones, no se suele cultivar en grandes cantidades ni en climas de tipo tropical. Aprende es el maíz que se consume como verdura debido a su alta concentración de azúcar, cosechado antes de que los granos se endurezcan. (Institute, 2021).

1.7.4. Maíz dentado

El maíz dentado (*Zea mays indentata*) es una de las variedades más cultivadas en América del Norte. Su característica principal es que presenta una depresión en la parte superior del grano a medida que madura, lo que le da el aspecto de un diente, de ahí su nombre. Los granos contienen una mezcla de almidón blando y duro, lo que les permite secarse de manera desigual, creando la hendidura distintiva. (Sánchez et al, 2015).

1.7.5. Maíz harinoso

Se caracteriza por tener granos suaves, ricos en almidón. A diferencia de otras variedades, el maíz harinoso contiene principalmente almidón blando, lo que le da una textura harinosa y lo hace ideal para la molienda. Esta variedad es común en América Latina, donde se cultiva desde tiempos precolombinos. (López, 2016).

1.7.6. Maíz ceroso

Es una variedad de maíz que se distingue por el aspecto brillante y ceroso de sus granos. Esta apariencia se debe a que está compuesto casi exclusivamente por amilopéctina, una forma de almidón ramificado, a diferencia de otras variedades que contienen una mezcla de amilosa y amilopéctina. El maíz ceroso es nativo de Asia y ha sido cultivado ampliamente en China desde hace siglos. (Sánchez, 2015).

1.7.7. Rangos de adaptación del maíz waltaco

El maíz waltaco es una variedad que principalmente se siembra para choclo o venta en grano, la producción más importante se concentra con exclusividad en los valles Alto

y Central de Cochabamba, entre altitudes de 1500 a 3000 msnm. Es una planta mediana a alta (3 mt de altura), las mazorcas son medianas de forma cilindrico-conica con 8 a 12 hileras de granos. (Miranda, 2021).

1.8. Problemas sanitarios del maíz en el país

1.8.1. Enfermedades del maíz

1.8.1.1. Tizón (*Exserohilum turcicum*):

el tizón genera lesiones elípticas o alargadas que oscilan entre 2 y 15 cm. Su efecto es una disminución del rendimiento hasta en un 40% por la reducción del área fotosintética. (Restrepo, 2022).

1.8.1.2. Roya (*Puccinia sorghi*):

se manifiesta por la presencia de pústulas alargadas de color herrumbroso en el haz y el envés de las hojas. Produce graves daños por pérdida de rendimiento del cultivo. (Estrada, 2021).

Podredumbre de pie (*Fusarium*, *Aspergillus* o *Penicillium*): estos hongos causan vuelco y quebrado en cultivares de alto rendimiento. Tal efecto se produce por el debilitamiento de los nudos. Disminuye la calidad de granos y forrajes. (Agrospray, 2023).

1.8.1.3. Carbón del maíz

Esta enfermedad es causada por un hongo que desarrolla grandes concentraciones de esporas negras en toda la planta. Al afectar las hojas, las mazorcas y los tallos del maíz, esta enfermedad ocasiona pérdidas drásticas tanto en la producción como en la calidad del producto. El hongo que desencadena esta enfermedad es el *Ustilago maydis*. (Jacto, 2023).

Uno de los métodos por medio del cual puede ser controlada es con la eliminación y destrucción de las plantas infectadas al aparecer los primeros síntomas. También es

frecuente la aplicación de fungicidas que pueden evitar su propagación y logran salvar la producción. (Jacto, 2023).

1.8.1.4. Plagas del maíz

El problema de plagas de insectos en el maíz ocurre en diferentes fases de crecimiento de la planta. Se pueden presentar problemas de plagas en el suelo, fase vegetativa, floración, madurez y cosecha. Es conveniente que los agricultores identifiquen el principal problema, lo describan y observen cuál es la respuesta de la variedad a ese problema.

Plagas principales.

- Plagas de suelo: Gallina ciega, gusano alambre.
- Plagas del tallo: Barrenador del tallo.
- Plagas del follaje: cogollero, cortadores.
- Plagas de la mazorca: eloteros, cogollero.
- Plagas del almacenamiento: gorgojos, palomillas.

(Fuentes, 2008).

1.9. PUDRICIÓN DE MAZORCA EN MAÍZ

1.9.1. *Fusarium spp.*

Fusarium es el principal hongo patógeno que afecta la productividad del maíz en el mundo. Este hongo penetra a la planta por distintas rutas e infecta raíces, tallo y mazorca. (Hernández et al., 2020).

Las especies de *Fusarium spp.* se caracterizan a nivel macroscópico por producir colonias de crecimiento rápido con micelio aéreo compactos a algodonosos. (Cossio ,2023).

El género *Fusarium* es un grupo de hongos filamentosos ampliamente distribuidos en el suelo y plantas. Debido a su capacidad de crecer a 37°C, son considerados oportunistas. Pueden causar infecciones sistémicas en pacientes

inmunocomprometidos, con una alta mortalidad. Algunas de sus especies producen toxinas que afectan al hombre y animales. (Tapia, 2014).

1.9.2. Origen

Los posibles orígenes de las epidemias de marchitez por *Fusarium* fueron resumidos por Stover (1962) de la siguiente manera: a) probablemente la enfermedad evolucionó en diferentes variedades susceptibles de plátanos comestibles en el área de India-malaya; b) La variedad susceptible Silk (Apple AAB) estuvo presente en el caribe en 1750, mientras que Gros Michel (AAA) se introdujo después de 1800 sin ser ampliamente plantada antes de 1850; c) Las tierras anteriormente infestadas de Silk fueron plantadas con Gros Michel. (Vásquez, 2021).

1.9.3. Etiología

El género *Fusarium* está compuesto por hongos filamentosos que habitan en el suelo y son conocidos por causar enfermedades en muchas plantas cultivadas. Entre las especies más comunes que afectan al maíz se encuentran:

- *Fusarium verticillioides* (anteriormente conocido como *Fusarium moniliforme*): Principal responsable de la pudrición de mazorca y la producción de micotoxinas como las fumonisinas.
- *Fusarium graminearum*: Causa de la pudrición de mazorca y otras enfermedades, incluyendo la producción de deoxinivalenol (DON), otra micotoxina importante.

En el maíz, estas dos especies de hongos provocan pudrición de mazorca y de tallo, y tizón en las plántulas. (CIMMYT, 2004).

1.9.4. Epidemiología de la enfermedad causada por *Fusarium* spp.

1.9.4.1. Infección sistémica de las plántulas.

Ocurre durante y desde la germinación de la semilla, y a lo largo del establecimiento de la plántula. Como el hongo sobrevive ya sea en la semilla o en el suelo, se encuentra estratégicamente posicionado para infectar a la planta. (Hernández et al, 2020).

1.9.4.2. Infección de la mazorca por medio del estigma.

La vía más común para que *F. verticillioides* infecte a la mazorca es a través del estigma. Lo anterior sucede cuando el inóculo aéreo y las conidias transportadas por el agua de lluvia se depositan en el estigma. De esa forma se facilita el acceso a las células del pericarpio y la hifa del hongo crece en la superficie de la cutícula para poder acceder al grano, a través de la parte inferior del canal estilar, incluso en ausencia de lesiones mecánicas. (Hernández et al, 2020).

1.9.4.3. Infección del tallo y la mazorca por daño mecánico.

Al alimentarse, varios insectos plagas del maíz horadan las mazorcas y los tallos de la planta. Este daño mecánico funciona como ruta de entrada para las conidias de *F. verticillioides*. Además, hay insectos que actúan como vectores del hongo, ya sea dispersándolo a lo largo de la superficie de la planta hacia los granos como *Ostrinia* spp., el gusano barrenador o, bien, transportándolo a través de grandes distancias como el gusano de la raíz. (Sánchez et al, 2020).

1.9.5. Síntomas

La infección de la mazorca por *Fusarium verticillioides* ocurre posterior a la floración femenina y se inicia de la punta de la mazorca hacia abajo. Los granos infectados presentan una coloración de rosado a rojo. La enfermedad produce una infección generalizada en las mazorcas, donde a menudo, los granos infectados comienzan a germinar. La dispersión del patógeno ocurre por el viento y las salpicaduras de la lluvia. (Estrada, 2021).

Fusarium graminearum, el estado sexual del patógeno, es más común en las zonas frías y húmedas. Los primeros signos de la infección son la formación de micelios blancos, que van descendiendo desde la punta de la mazorca y dan una coloración rojiza y rosada a los granos infectados. El hongo produce micotoxinas (conocidas como deoxinivalenol, zearalenona y zearalenol) que son tóxicas para varias especies animales. (CIMMYT, 2004).

1.9. 6. Signos

- El moho suele tener color blanco, rosa o salmón.
- Los granos infectados suelen tener coloraciones tostadas o marrones.
- El patrón “Starbust” (estallido de estrellas) está relacionado con la enfermedad: líneas de color pálido desde la parte exterior del grano, en donde suelen adherirse las sedas.
- Si la infección es grave, el hongo puede consumir la mazorca en su totalidad, dejando pequeñas escamas adheridas al grano por el micelio. (Mark, 2020).

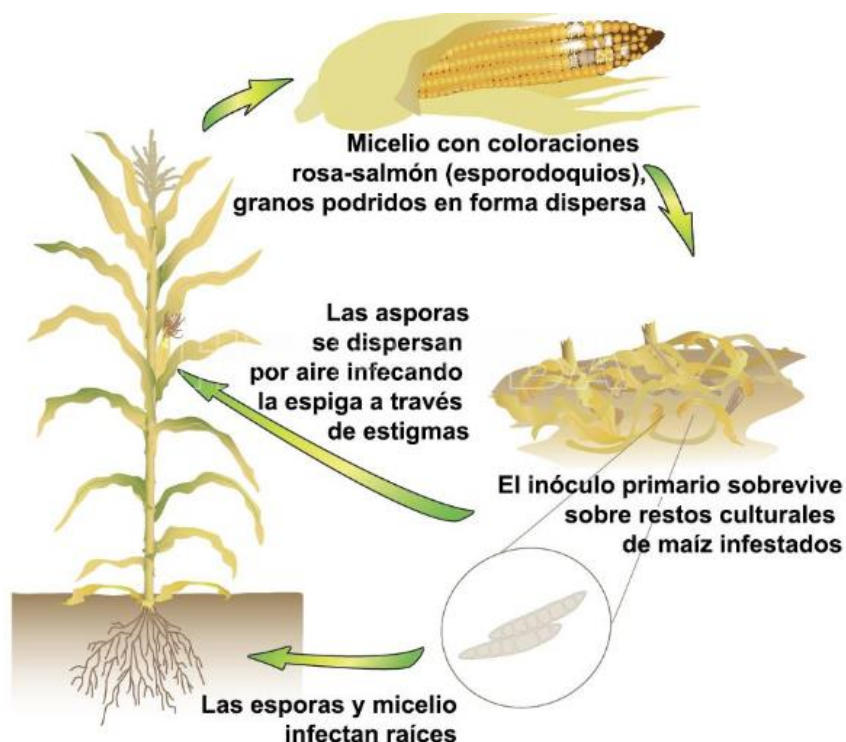
1.9.7. Daños que ocasiona el fusarium

Fusarium spp. es un patógeno que enferma a las plantas produciendo podredumbres en espigas y se ha convertido en una amenaza silenciosa para este cultivo de grano”. Y “Su presencia genera micotoxinas y provoca grandes riesgos al transmitirse a la cadena alimentaria. Además, afecta el acceso a mercados internacionales por el rechazo del grano en la venta. El consumo directo de los cultivos de campo y/o sus derivados puede provocar impactos sobre la salud, la producción animal y la economía”. (INTA, 2023).

1.9.8. Ciclo del fusarium

Está documentado que las esporas del patógeno pueden sobrevivir en residuos del cultivo por hasta 630 días ya sea en la superficie del suelo o en los tallos enterrados, a una profundidad de hasta 30 cm. El establecimiento de cultivos en suelos contaminados con *Fusarium* afecta la tasa de germinación, velocidad de emergencia de plántulas y la altura y el peso de la plantas emergidas, si bien en algunos casos las plántulas no llegan a desarrollar síntomas visibles de la enfermedad, haciendo pensar que se tratan de plantas sanas, no obstante, existe la posibilidad de que sean plantas con infección endofítica asintomática. La formación de esporas asexuales, promueve la infección secundaria en campo e influenciada por condiciones ambientales favorables con temperaturas optimas que van de entre 20 a 30 °C y una humedad relativa (RH) mayor al 90%, cuando las condiciones son las ideales, el *Fusarium* en estado endofítico se puede expandir de forma agresiva hacia raíces y mesocotilos, llegando

a invadir el tallo a través del sistema vascular logrando así a una pudrición de tallo, por otro lado, los daños mecánicos por la alimentación de insectos y herramientas también se convierten en vías de infección para el desarrollo de la pudrición en el tallo y de mazorca por parte de *Fusarium*, Otra vía de infección son los estomas y tricomas de las hojas estructuras de las que se ha demostrado son una puerta de ingreso para *Fusarium*, de esta forma se abre la posibilidad de una transmisión por medio del aire. *Fusarium* spp. Están presentes en el suelo en forma de micelio o esporas (clamidoporas), el hongo ingresa a la planta a través de las raíces, a menudo por heridas causadas por insectos o prácticas de cultivo. Una vez dentro de las raíces, el Fitopatógeno coloniza los vasos de la xilema y se transporta a través del sistema vascular de la planta, transportándose sistémicamente dentro de la misma, colonizando el tallo y otros tejidos vasculares. El patógeno llega a la mazorca a través de los vasos conductores que conectan el tallo con la mazorca, también se pueden infectar directamente la mazorca a través de la seda (estigmas) o heridas en la mazorca, los signos incluyen decoloración y pudrición de granos, con desarrollo de micelio y esporulación en la mazorca de color rosado a rojizo. El patógeno produce micotoxinas como fumonisinas, zearalenona y deoxinevanol contaminando los granos representando un riesgo significativo para la salud humana y animal, afectando la seguridad alimentaria. Las esporas del patógeno pueden sobrevivir en los restos de la cosecha sirviendo como fuente de inóculo infectando nuevamente las plantas jóvenes, reiniciando el ciclo de infección. (Solórzano, 2024).

FIGURA N° 1: CICLO DEL FUSARIUM

(Herbario Virtual, 2023).

1.9.9. Condiciones para su desarrollo

Las enfermedades causadas por *Fusarium* spp. pueden ser muy agresivas en climas húmedos, en las zonas donde la humedad es baja, la infección la causa casi de manera exclusiva el inóculo presente en residuos de cereales infectados que permanecen en el suelo. El patógeno invade directamente la base de los tallos, cerca o debajo de la superficie del suelo, o entra a la planta a través de las raíces. Las esporas de hongos luego germinan en el área afectada (herida), favorecida por la alta humedad y temperaturas. Las temperaturas de suelo frías (20 °C) favorecen el desarrollo de la enfermedad. Los marchitamientos de *Fusarium* spp. son beneficiados por las altas temperaturas del aire y del suelo (24 °C a 30 °C) y la enfermedad puede no ocurrir a bajas temperaturas del suelo (por debajo de 20 °C). Una planta infectada puede permanecer sin síntomas a temperaturas más bajas. (DGSV-CNRF,2020).

1.9.10. Control del fusarium

El uso de variedades o híbridos resistentes para controlar la fusariosis, es la medida más efectiva en vez de los métodos culturales o tratamientos químicos que no ofrecen suficiente control, además el control se ve afectado por la amplia adaptabilidad, diversidad y variabilidad del patógeno es así que la búsqueda de resistencia genética es la medida más práctica y económica ya que no afecta el costo de producción. Las medidas fitosanitarias generales pueden ser recomendadas, aunque estas no previenen, y solo pueden reducir la incidencia levemente. Mientras que los fungicidas son usados raramente, limitándose su empleo solo a la desinfección de la semilla. (López, 1994).

1.9.11. Importancia económica del fusarium en el maíz

En México se menciona que entre las enfermedades de importancia económica se destaca la pudrición de mazorca causada por Fusarium

ya que causa pérdidas de rendimiento de 23 a 30 %. (Hernández, 2020).

1.9.12. Caracterización

La caracterización incluye la descripción morfológica básica de las accesiones, identificación, clasificación, contaminación de semillas. Usualmente es ejecutada en el tiempo de la generación o incremento de la semilla. Para la caracterización se toma en cuenta los descriptores cualitativos (color y textura del grano, color de planta, etc.), y aquellos descriptores cuantitativos que son muy poco influenciados por el ambiente (altura de la planta, número de hojas por planta, número de ramificaciones de la espiga, etc.). La evaluación se la realiza en el espacio y en el tiempo, por lo tanto, requiere evaluar varias veces en distintos sitios un mismo material. Los datos de caracterización son constantes por eso bastará con una sola caracterización del material. (Ocampo, 2021).

1.10. TÉCNICAS DE MEJORAMIENTO GENÉTICO

1.10.1. Selección artificial y cruzamientos selectivos

Escoge las variedades para cruzar y obtener el mejor rendimiento. (AgroSpray, 2021).

1.10.2. Hibridación (intervarietal, interespecífica, intergenérica)

Cruzamientos entre variedades de una misma especie, entre especies o entre géneros diferentes. (AgroSpray, 2021).

1.10.3. Mutagénesis inducida

Se inducen mutaciones con químicos o radiaciones para lograr nuevas características. (AgroSpray, 2021).

1.10.4. Polinización y fertilización in vitro

1.10.4.1. Polinización en maíz

El maíz es una planta de polinización cruzada, donde el polen de las flores masculinas se transfiere a las flores femeninas, lo que promueve la variabilidad genética y permite la creación de híbridos con mejores características agronómicas, como mayor rendimiento y resistencia a enfermedades. (Brown, 1985).

1.10.4.2. Fertilización in vitro en maíz

La fertilización in vitro es una técnica que permite realizar la fecundación fuera de la planta en condiciones controladas. Se utiliza principalmente en investigaciones para desarrollar híbridos específicos y estudiar la biología reproductiva del maíz. (Kranz, 1993).

1.10.5. Cultivo in vitro de células, tejidos y órganos vegetales

El cultivo in vitro es una técnica que permite el crecimiento de células, tejidos y órganos vegetales en un medio nutritivo artificial bajo condiciones controladas. Este método es útil para producir plantas libres de enfermedades y obtener líneas genéticas homogéneas, facilitando el mejoramiento genético y la investigación en especies como el maíz. (George et al., 2008).

Además, el cultivo in vitro permite realizar estudios sobre características específicas, como la resistencia a enfermedades y la tolerancia al estrés. Sin embargo, requiere la optimización de los medios de cultivo y las condiciones de crecimiento para cada tipo de tejido. (Pua et al, 2007).

1.10.6. Obtención de haploides

La obtención de haploides se refiere a la generación de plantas que contienen la mitad del número normal de cromosomas. En el maíz, esto se puede lograr mediante polinización haploide, donde el polen de una planta haploide fertiliza el óvulo de una planta diploide, produciendo un embrión haploide. Otra técnica es el cultivo in vitro, que implica el uso de anteras o microsporas de plantas diploides. Estas estructuras se cultivan en un medio específico para inducir la formación de embriones haploides, lo que permite la regeneración de plantas haploides. Este enfoque es particularmente valioso en el mejoramiento genético, ya que facilita la creación de líneas puras y la evaluación de rasgos en estado homocigoto. (Kasha et al, 2016).

1.10.7. Variación somaclonal

La variación somaclonal se refiere a las diferencias genéticas y fenotípicas que ocurren en las plantas regeneradas a partir de cultivos in vitro. Este fenómeno puede surgir debido a cambios en el ADN durante el proceso de cultivo celular, lo que resulta en nuevas características que no estaban presentes en la planta madre. La variación somaclonal es especialmente valiosa en el mejoramiento genético, ya que puede ser utilizada para desarrollar variedades de plantas con rasgos deseables, como resistencia a enfermedades, adaptación a condiciones ambientales adversas o mejoras en la calidad de los cultivos. (Larkin et al, 1981).

Los mecanismos de variación somaclonal pueden incluir mutaciones, reordenamientos cromosómicos o cambios en el contenido de ADN, y pueden ser inducidos por factores como la composición del medio de cultivo, las condiciones ambientales y la duración del cultivo. La selección de plantas con características superiores derivadas de esta

variación puede acelerar el proceso de mejoramiento genético en especies como el maíz. (Jain, 2001).

1.10.8. Ingeniería genética

La ingeniería genética es una técnica que permite la modificación directa del material genético de un organismo mediante la adición, eliminación o alteración de secuencias de ADN. En el contexto del maíz, esta técnica se utiliza para introducir genes específicos que confieren características deseadas, como resistencia a plagas, tolerancia a herbicidas y mejora en la calidad nutricional. (Gurian-Sherman, 2009).

El proceso generalmente implica el uso de vectores, como plásmidos, para transferir el material genético a las células vegetales. Posteriormente, las células transformadas se seleccionan y se regeneran en plantas completas a través de métodos como el cultivo in vitro. Esta capacidad de introducir características específicas ha revolucionado la agricultura al permitir el desarrollo de variedades de maíz que pueden adaptarse mejor a condiciones ambientales cambiantes y a las demandas del mercado. (Huang et al., 2019).

1.11. MEJORAMIENTO GENÉTICO

1.11.1. Características Agronómicas

Las características agronómicas son las propiedades físicas, fenotípicas, fisiológicas y productivas de las plantas que determinan su comportamiento en condiciones de cultivo. Estas características permiten evaluar el desempeño de una variedad o familia de plantas en aspectos clave como su adaptación al entorno, resistencia a enfermedades y plagas, eficiencia en el uso de recursos y potencial productivo. (González et al., 2018).

1.11.2. Algunas características agronómicas importantes incluyen

- **Altura de la planta y de la mazorca:** Se relaciona con la resistencia al acame y la facilidad para la cosecha.

- **Días a la floración masculina y femenina:** Indicativos del ciclo del cultivo y su adaptación a la duración de la temporada de crecimiento.
- **Tamaño y peso de mazorca:** Factores determinantes del rendimiento.
- **Longitud y número de granos por hilera:** Afectan directamente la productividad.
- **Maduración fisiológica:** Relacionada con el momento óptimo de cosecha y la calidad del grano.
- **Resistencia a factores adversos:** Incluye tolerancia a enfermedades, estrés hídrico y temperaturas extremas. (CIMMYT, 2020).

1.11.3. Línea

En Genética y Mejoramiento Genético de plantas se denomina línea pura a un individuo, o al grupo de individuos que descienden de él por autofecundación, que es homocigótico para todos sus caracteres. En otras palabras, es un linaje que mantiene constantes sus caracteres a través de las generaciones de reproducción sexual, ya sea por autofecundación o por fecundación cruzada con otras plantas de la misma línea. (Wikipedia, 2023).

1.11.4. Tolerancia a la pudrición de mazorca

Se refiere a la capacidad de ciertas variedades o líneas de maíz para soportar infecciones causadas por hongos del género **Fusarium** (u otros patógenos) sin sufrir una reducción significativa en el rendimiento o la calidad del grano. (Munkvold, 2003).

1.11.5. Incidencia

La incidencia es la proporción de plantas afectadas por una enfermedad dentro de una población evaluada. Es un indicador importante para medir la extensión de la enfermedad en un cultivo y evaluar la eficacia de las medidas de manejo. Su cálculo se realiza mediante una fórmula que relaciona el número de plantas infectadas con el total de plantas observadas, expresado como un porcentaje (Agrios, 2005).

$$\text{Incidencia (\%)} = \left(\frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Número total de plantas evaluadas}} \right) \times 100$$

Fuente: (CIMMYT, 2005).

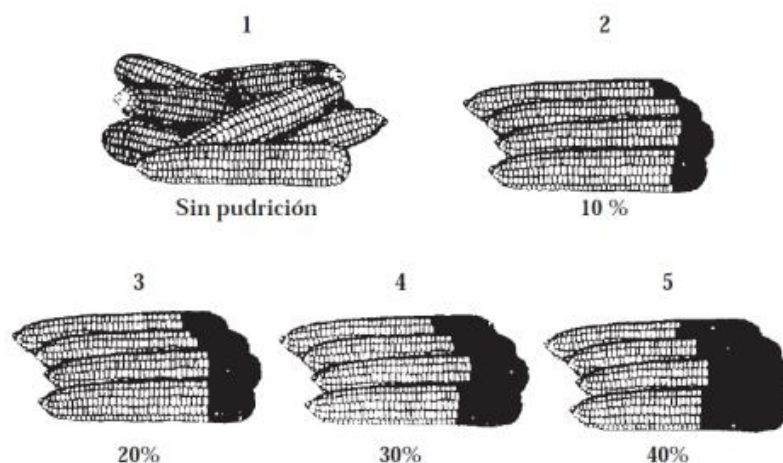
1.11.6. Severidad

La severidad se define como el porcentaje o proporción del área total de una planta o estructura vegetal (como hojas, tallos, frutos o mazorcas) que está dañada o afectada por una enfermedad. Este parámetro mide la intensidad del daño causado, proporcionando una evaluación más detallada sobre el impacto de la enfermedad en la productividad del cultivo (Agrios, 2005).

Porcentaje de severidad:

- 0: Sin síntomas.
- 1: Pudrición leve (0-10% de la mazorca afectada).
- 2: Pudrición moderada (10-20% afectada).
- 3: Pudrición severa (20-30% afectada).
- 4: Pudrición muy severa (40% afectada).

FIGURA N° 2: PORCENTAJE DE SEVERIDAD EN EL MAÍZ



Fuente: (Gabriel, 2017).

1.11.7. Familia

Una familia se refiere a un grupo de plantas que comparten una línea genética común o un parentesco debido a su origen, generalmente proveniente de un cruce o selección dentro de un programa de mejoramiento. Estas familias suelen ser utilizadas para identificar y seleccionar individuos o líneas con características deseables, como resistencia a enfermedades, productividad o tolerancia a condiciones ambientales adversas. En el mejoramiento genético de maíz, las familias juegan un papel fundamental en los programas de selección recurrente y en la producción de híbridos. Estas familias permiten evaluar la capacidad combinatoria de las líneas y estimar la heredabilidad de los caracteres de interés, tales como el rendimiento, la tolerancia a condiciones adversas o la resistencia a plagas y enfermedades. El uso de las familias ayuda a los mejoradores a determinar qué combinaciones genéticas serán las más eficientes para obtener las variedades más productivas. (Género, 2024).

1.11.8. Accesoión

Muestra de germoplasma representativa de uno o varios individuos de la población. En carácter más general, cualquier registro individual de una colección de germoplasma (planta, semilla). Población o línea en un programa de mejoramiento o colección de germoplasma. (Henríquez, 2019).

1.11.9. Variedad

Una variedad es un grupo de plantas dentro de una misma especie que presentan características genéticas y morfológicas distintivas que se mantienen de manera consistente de una generación a otra. Categoría taxonómica de plantas debajo de la especie. 1) en taxonomía vegetal, la variedad ocupa una posición debajo de la categoría de subespecie y es siempre escrita en latín. 2) en mejoramiento genético la variedad es sinónimo de variedad cultivada y de cultivar. El nombre de cultivarse o variedades creadas a partir del 1° de enero de 1959 deben tener un nombre imaginario y deben ser bien diferenciados de un nombre botánico escrito en latín. (Henríquez, 2019).

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

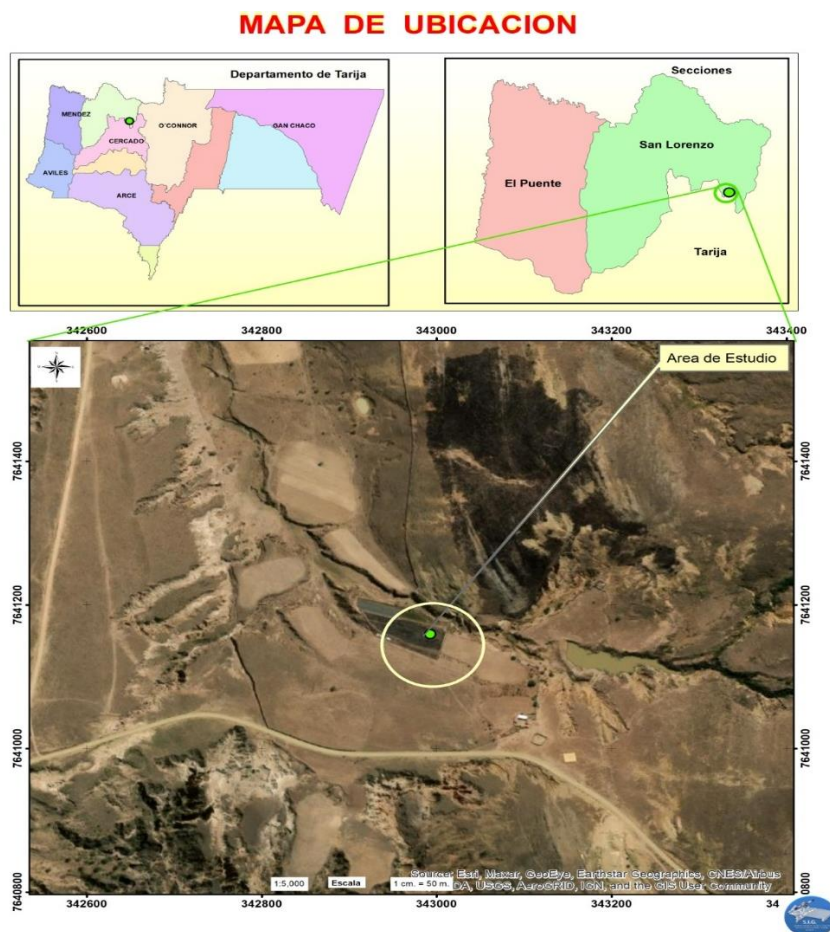
2.1. LOCALIZACIÓN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la comunidad de Jarcas perteneciente a la provincia Méndez ubicada al este del departamento de Tarija-Bolivia.

2.2. UBICACIÓN

La parcela se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas de $21^{\circ}19'29''$ latitud sur y $64^{\circ}30'50''$ latitud norte, con una elevación de 2,497,53 m.

FIGURA N° 3: MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO



2.3. Características Agroecológicas

2.3.1. Clima

El clima de la comunidad de Jarcas pertenece al clima semiárido con temperaturas bajas que se ubica en los valles de la cordillera Oriental (Valle Central de Tarija, Padcaya, San Lorenzo), con temperaturas medias entre 13 y 18°C. (ZONISIG, 2001).

2.3.2. Precipitación

La precipitación estimada de la comunidad de Jarcas es de 500 a 1200 mm anuales según el mapa de Isoyeta, propuesto por ZONISIG, (2001).

2.3.3. Vegetación

2.3.3.1. Vegetación cultivada

TABLA 2: CLASIFICACIÓN DE PLANTAS CULTIVADAS EN LA COMUNIDAD DE JARCAS

Nº	Nombre común	Nombre científico	Familia
1	Maíz	<i>Zea mays</i> L.	Poaceae
2	Papa	<i>Solanum tuberosum</i> L.	Solanaceae
3	Coime	<i>Amaranthus</i> sp.	Amaranthaceae
4	Trigo	<i>Triticum aestivum</i> L.	Poaceae
5	Arveja	<i>Pisum sativum</i> L.	Leguminosae
6	Tomate	<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill	Solanaceae
7	Linaza	<i>Linum usitatissimum</i> L.	Linaceae
8	Haba	<i>Vicia faba</i> L.	Leguminosae
9	Cebolla	<i>Allium cepa</i> L.	Liliaceae
10	Ajo	<i>Allium sativum</i> L.	Liliaceae
11	Lenteja	<i>Lens culinaris</i> Medik	Leguminosae

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

2.3.3.2. Vegetación Natural

TABLA 3: VEGETACIÓN NATURAL EN LA ZONA DE ESTUDIO

Nº	Nombre común	Nombre científico	Familia
1	Churqui	<i>Acacia caven</i> (Molina) Molina	Leguminosae
2	Molle	<i>Schinus molle</i> L.	Anacardiaceae
3	Thola	<i>Baccharis</i> sp.	Compositae
4	Aliso	<i>Alnus</i> sp.	Betulaceae
5	Paja	<i>Stipa</i> sp.	Poaceae
6	Sivinga	<i>Lamprothyrsus</i> sp.	Poaceae
7	Chañar	<i>Geoffroea decorticans</i> (Gill. ex Hook. & Arn.) Burkart	Leguminosae

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

2.4. Suelos

Las serranías son los grandes paisajes dominantes del subandino y se tipifican por presentar una marcada orientación norte-sur, como también un fuerte control estructural por plegamientos y fallas. Por las fuertes pendientes y altas precipitaciones en muchos sectores, las serranías son altamente susceptible a procesos de erosión y remoción en masa. Básicamente, la composición litológica de las serranías consiste de areniscas, lutitas, limolitas, conglomerados, calizas y otras rocas calcáreas. Se encuentran suelos superficiales (limitados por contacto) a profundos, bien a algo excesivamente drenados, con erosión hídrica laminar generalmente ligera a moderada. Los colores varían de pardo rojizos oscuros a pardos oscuros, de textura franco arenosa, con muy pocos a muchos fragmentos de grava fina a gruesa. La estructura generalmente es en bloques subangulares o masiva, no son calcáreos, con Ph de 5,5 a 8 y la disponibilidad de nutrientes varia de moderada a baja. ZONOSIG, (2001).

2.5. MATERIALES

2.5.1. Material Vegetal

Se utilizo semillas de 40 familias de maíz waltaco.

TABLA 4: FAMILIAS DE MAÍZ WALTACO

1	F-285	21	F-241
2	F-217	22	F-121
3	F-54	23	F-25
4	F-250	24	F-245
5	F-216	25	F-264
6	F-211	26	F-284
7	F-223	27	F-90
8	F-207	28	F-58
9	F-182	29	F-239
10	F-275	30	F-82
11	F-246	31	F-173
12	F-300	32	F-155
13	F-278	33	F-285
14	F-248	34	F-295
15	F-268	35	F-69
16	F-93	36	F-262
17	F-292	37	F-290
18	F-36	38	F-271
19	F-185	39	F-29
20	F-285	40	F-241

2.5.2. Material de Campo

- Balanza.
- Pala.
- Azadón.
- Azada.
- Tractor y sus implementos.
- Machete.
- Mochila Jacto 20L.

- Letreros.
- Estacas.
- Arado.
- Sogas o piolas.
- Picana.
- Hoz.
- Balde.
- Wincha.
- Vernier.
- Engrampadora.
- Regla.
- Cámara fotográfica.
- Estilete.
- Abono (18-46-0).

2.5.3. Material de Escritorio

- Cámara fotográfica.
- Libreta de campo para registro de datos.
- Regla.
- Bolígrafo.
- Computadora.
- Hojas.
- Impresora.
- Vernier.
- Mesa.

2.6. METODOLOGÍA

2.6.1. Metodología descriptiva

El presente estudio se enmarco dentro de una metodología descriptiva, cuyo objetivo fue determinar las características agronómicas de las familias de maíz waltaco cultivadas en la comunidad de Jarcas, con relación a su tolerancia a la pudrición de mazorca. A través de la observación directa y la recolección de datos en campo, se documentaron las características de las diferentes familias de maíz.

2.6.2. Análisis Chi- cuadrado

El análisis estadístico de las cuarenta familias en las que se busca tolerancia a afecciones de fusarium se realizó aplicando la prueba de Chi-Cuadrado puesto que es uno de los métodos de mejor ajuste para probar hipótesis en una investigación. Se trata de una prueba no paramétrica que se ajustó para examinar las diferencias entre variables categóricas en la misma población. También para validar o proporcionar un contexto adicional para las frecuencias observadas.

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

2.6.3. Técnica de clasificación de los datos obtenidos

Para evaluar la variabilidad en las características agronómicas del crecimiento del maíz waltaco, se utilizó la desviación estándar como herramienta de clasificación. Este análisis permitió establecer rangos para categorizar la floración masculina y femenina (precoz, intermedia y tardía), así como la altura de la mazorca y la altura de las plantas.

2.6.4. Fórmula para el cálculo de la media y desviación estándar

Media

Es el promedio de un conjunto de datos.

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

Donde:

- $\bar{X}$ = media.
- $\sum x$ = suma de todos los valores.
- n = número total de datos.

Desviación estándar (σ)

La desviación estándar mide que tanto varían los datos con respecto a la media.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^N (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

Donde:

- σ = desviación estándar poblacional
- x_i = cada valor de los datos.
- $\bar{X}$ = media.
- N = número total de datos (tamaño de la población).

Se sembró una parcela con cuarenta familias de maíz de la variedad waltaco, cada parcela conto con cuarenta plantas de maíz que se sembró a una distancia de 0.25 m. de planta a planta y de 0.50m. de surco a surco, donde cada familia tuvo dos surcos de cinco metros de largo con un total de veinte plantas de maíz por surco. Llegando a un total de 1600 plantas de maíz en una parcela de 41 m. de largo por 8m. de ancho.

2.6.5. Croquis de la parcela

Datos:

- Surcos de cada familia: 2.
- Distancia de planta a planta: 0,25 m.
- Distancia de surco a surco: 0,50 m.
- Distancia de cada surco lineal: 5m.

FIGURA N° 4: CROQUIS DE LA PARCELA CON LA UBICACIÓN DE LAS FAMILIAS DE MAÍZ WALTACO

41m.						
F-216	F-285	F-185	F-121	F-257	F-29	
F-216	F-285	F-185	F-121	F-257	F-29	
F-246	F-275	F-211	F-262	F-285	F-69	
F-246	F-275	F-211	F-262	F-285	F-69	
F-217	F-54	F-268	F-227	F-271	F-239	F-88
F-217	F-54	F-268	F-227	F-271	F-239	F-88
F-250	F-207	F-248	F-281	F-173	F-284	F-58
F-250	F-207	F-248	F-281	F-173	F-284	F-58
F-278	F-36	F-223	F-25	F-155	F-290	F-90
F-278	F-36	F-223	F-25	F-155	F-290	F-90
F-282	F-93	F-300	F-241	F-264	F-245	F-295
F-282	F-93	F-300	F-241	F-264	F-245	F-295

8m.

2.7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.7.1. Preparación de suelo

La preparación del suelo se realizó mediante el sistema mecanizado, haciendo uso de la rastra, este trabajo se realizó en el mes de septiembre con la finalidad de dejar el área a sembrarse lista para surcado.

2.7.2. Medición y trazado de la parcela

El trazado y medición del terreno se realizó después de la preparación del terreno, utilizando estacas y wincha donde se tiene 80 surcos de cinco metros para las 40 familia de maíz waltaco.

2.7.3. Siembra

La siembra de las 40 familias de maíces waltaco se hizo de forma manual en el mes de octubre, realizando primeramente los surcos para luego sembrar a mano, con un marco de plantación de 25cm entre planta y planta y 50 entre surco y surco, distribuidos en 2 surcos por familia.

2.7.4. Control de Malezas

El control de las malezas fue realizado de dos maneras, química y manual, donde para el control químico de malezas se utilizó 100gr. de Atrásina y 3 gr. de Rival 75 EG, en 10 lt. de agua y el control manual se llevó acabo en tiempo de lluvia, el cual fue realizado con ayuda de la hoz y azadón. Con el objetivo de reducir las malezas ya que estas disminuyen la absorción de agua y nutrientes, como también reducir la proliferación de plagas y enfermedades.

2.7.5. Fertilización

La fertilización se realizó tomando en cuenta los resultados del análisis de suelo tomado antes de la preparación del terreno. La toma de la muestra para el mismo se realizó con el método del zig zag a una profundidad de 30 cm, obteniendo una muestra de 1 kilogramo, la misma fue enviada al laboratorio RIMH de Aguas, Suelos, Alimentos y Monitoreo Ambiental.

PARÁMETRO		VALOR	UNIDAD	INTERPRETACIÓN
Ph		5,28		Suelo ácido. Para maíz, lo ideal es entre 5,8 y 7,0. Será necesario corregir el pH mediante encalado (aplicar cal agrícola)
Conductividad electrica (CE).		0,343	mmhos/cm	Baja salinidad, excelente para maíz. No hay riesgo de toxicidad por sales.
Potasio (k)		138,6	mg/Kg o pmm	alto
Capacidad de intercambio cationico (CIC).		25,39	meq/100gr	CIC alta
Materia orgánica (MO)		6,45	%	Materia orgánica alta.
Nitrogeno (N)		0,274	%	alto
Fósforo (P)		0,84	mg/Kg o pmm	Muy deficiente.
Densidad Aparente (Da).		1,26	Kg/l	Adecuada. Permite un buen balance de aireación y retención de agua para el maíz.
Textura	Arena	58	%	Franco arenoso.
	Limo	24	%	
	Arcilla	18	%	

De acuerdo con los resultados entregados y la interpretación correspondiente se determinó que el suelo tiene un buen porcentaje me materia orgánica, nitrógeno y potasio por lo cual no es necesario agregar de acuerdo al requerimiento nutricional propuesto por (galego, 20216), donde indica que se necesita 180 kg. de N/ha, 75 kg./ha de P y 200kg./ha de K para tener una producción de 18 tn/ha. Pero de acuerdo al análisis se tiene deficiencia de fosforo (P). donde se tuvo que aplicar 11,0536 kg. de P para los 328 metros cuadrados que se tiene de parcela para cubrir el requerimiento del cultivo.

2.7.6. Aporque

El aporque se lo realizo los 37 días después de la siembra con la finalidad de favorecer a un mayor anclaje de la planta al suelo, evitando de esta manera el vuelco por acción del viento.

2.7.7. Plagas y enfermedades

Plagas

- Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).
- Pulgones (*Myzus Pericae*).
- Tarajchi.

Enfermedades

- *Fusarium* spp.

2.7.8. Control Fitosanitario

El control fitosanitario que se utilizó para el Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), fue la aplicación de un insecticida sistémico Karate Zeon en una dosis de 30 ml. Por una mochila de 20 litros de agua en las dos etapas que se presentó.

2.7.9. Riego

El sistema de riego fue a gravedad ya que en el mes de octubre aun las lluvias no cubrían las necesidades hídricas del cultivo, pero cuando ya empezó a llover ya no se rego a gravedad sino con el agua de lluvia, ya que fue suficiente para satisfacer la demanda hídrica del cultivo.

Por lo tanto, fue una siembra a temporal que dependió de las lluvias para cumplir con el requerimiento hídrico del maíz que es de 533 a 711 mm. Pero en caso cuando no llovía se rego a gravedad ya que la parcela tiene sistema de riego.

2.7.10. Cosecha

Se cosecho cuando el cultivo llego a su madurez fisiológica. La cosecha se realizó de forma manual, mediante la observación directa de indicadores, tales como la coloración de la planta y la dureza de los granos a la presión mecánica de las uñas, lo que permitió determinar el estado óptimo de madurez del grano para ser cosechado.

2.8. VARIABLES A EVALUAR

El levantamiento de los datos de las características agronómicas de las cuarenta familias de maíz, se inició desde el momento de la siembra, hasta la cosecha de las mazorcas, para el cual, se evaluaron 10 plantas de cada familia, tomando en cuenta cada fase fenológica del cultivo como las recomendaciones encontradas en el descriptor propuesto por el CIMMYT.

2.8.1. Floración femenina

La floración femenina se llevó a cabo registrando los días transcurridos desde la siembra hasta el momento en que el 50% de las plantas de una familia mostraron las primeras sedas visibles.

2.8.2. Floración masculina

Similar a la floración femenina, se registró los días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas de una familia mostraron las espigas y comenzaron a liberar el polen.

2.8.3. Altura de Planta

Para altura de la planta de maíz se realizó la medición desde el suelo hasta donde inicia la espiga, base de la panoja punto donde esta panoja empieza a ramificarse donde se midió en centímetros utilizando un flexómetro.

2.8.4. Altura de Mazorca

La altura de la mazorca se realizó midiendo desde el suelo hasta la base de la mazorca más alta en la planta de maíz.

2.8.5. Maduración Fisiológica

Cuando las mazorcas han alcanzado la madurez fisiológica se contaron los días desde el momento de siembra para saber en cuantos días está maduro el maíz.

2.8.6. Tamaño de la mazorca

- **Longitud de la Mazorca:** Se contó en centímetros desde la base hasta la punta de la mazorca.
- **Diámetro de la Mazorca:** Se apreció en la parte central de la mazorca, también en centímetros, usando un vernier.

La medición del tamaño de la mazorca se realizó al momento de la cosecha, cuando los granos han alcanzado su madurez completa.

2.8.7. Incidencia (%)

La incidencia es el número de mazorcas infectadas sobre el total de plantas evaluadas por familias.

$$\text{Incidencia (\%)} = \frac{\text{número de hojas muestreadas con síntomas}}{\text{Total de hojas muestreados}} \times 100$$

(Arévalo1, 2021)

2.8.8. Severidad (%)

La severidad se tomó visualmente, tomando en cuenta el área dañada por la pudrición de mazorca, con relación al área total de la mazorca expresado en porcentaje.

$$\text{IXE} = \frac{\sum (\text{número de plantas enfermas} \times \text{cada grado de la escala})}{(\text{Número total de plantas observadas}) \times (\text{grado mayor de la escala})} \times 100$$

(Arévalo1, 2021)

2.9. EVALUACION DE LA TOLERANCIA DE FUSARIUM

La evaluación de la tolerancia de fusarium en las familias de maíz waltaco se basó en los siguientes criterios:

2.9.1. Incidencia de pudrición:

- Se calculó el porcentaje de mazorcas afectadas en relación con el total de mazorcas observadas en cada parcela. Pérez et al, (2016).
- Se registraron visualmente los síntomas externos en las mazorcas, como manchas, moho, y decoloraciones.

2.9.2. Severidad de la pudrición:

Cada mazorca afectada fue clasificada en una escala cualitativa de severidad, según los siguientes porcentajes:

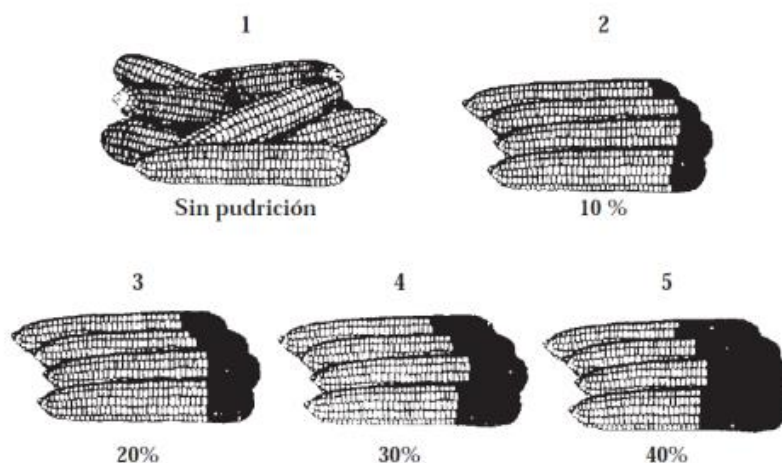
0: Sin síntomas.

1: Pudrición leve (0-10% de la mazorca afectada).

2: Pudrición moderada (10-20% afectada).

3: Pudrición severa (20-30% afectada).

4: Pudrición muy severa (40% afectada).



Fuente: (Gabriel, 2017).

2.9.3. Criterios de Selección para elegir las familias tolerantes a la pudrición de mazorca

Para identificar las familias con mayor tolerancia a la pudrición de mazorcas, se hizo mediante los siguientes criterios:

2.9.3.1. Incidencia Baja (%)

Las familias con un porcentaje bajo de plantas afectadas por *Fusarium* fueron prioritarias. Este porcentaje puede variar según el umbral que se determine, pero un valor inferior al 15% se lo consideró como alta tolerancia.

2.9.3.2. Baja Severidad (%)

Las familias que presentaron una puntuación baja en la escala de severidad de pudrición, idealmente puntuaciones promedio de 1 o 2 (0-20% afectación de la mazorca).

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente estudio se enfoca en la evaluación de la incidencia y severidad del hongo *Fusarium* en la mazorca del maíz waltaco y las características agronómicas:

- Floración masculina.
- Floración femenina.
- La altura de las plantas.
- La altura de las mazorcas.
- Longitud y diámetro de la mazorca.
- Maduración fisiológica de la mazorca.

Según el análisis chi-cuadrado se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, indicando que se encontraron familias con características de tolerancia a la enfermedad de pudrición de mazorca de acuerdo a las variables de incidencia y severidad.

3.1. Evaluación de la incidencia en la cosecha

TABLA 5: ESCALA DE INCIDENCIA DE LAS FAMILIAS

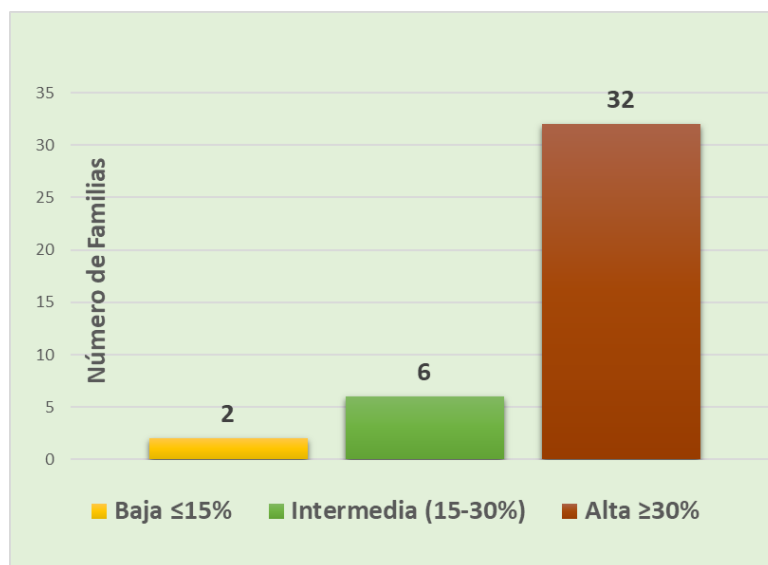
Escala de Incidencia			
Baja	≤15%	2	F-207, F-268
Intermedia	(15-30%)	6	F-216, F-182, F-121, F-173, F-290, F-90
Alta	≥30%	32	F-246, F-217, F-252, F-278, F-285, F-275, F-54, F-36, F-93, F-185, F-211, F-248, F-223, F-300, F-262, F-227, F-281, F-25, F-241, F-257, F-285, F-271, F-155, F-264, F-29, F-69, F-239, F-284, F-245, F-88, F-58, F-295

Fuente: Elaboración propia (en base a recolección de datos de campo).

De acuerdo a la tabla N°5 de la escala de incidencia las familias F-207 y F-268 muestran un nivel de incidencia menor al 15% calificada como baja según la escala de

incidencia propuesta por la revista Electrónica Nova Scientia elaborada por (Chavarri, 2017), mientras que en las familias F-216, F-182, F-121, F-173, F-290, F-90 muestran un nivel de incidencia entre el 15 y 30 % clasificada como intermedia en la misma tabla y las que presentan un nivel alto de incidencia de pudrición de mazorca causada por fusarium son las familias F-246, F-217, F-252, F-278, F-285, F-275, F-54, F-36, F-93, F-185, F-211, F-248, F-223, F-300, F-262, F-227, F-281, F-25, F-241, F-257, F-285, F-271, F-155, F-264, F-29, F-69, F-239, F-284, F-245, F-88, F-58, F-295 que no son de interés ya que según el trabajo realizado las familias de interés son las familias que presenten un porcentaje mejor al 30% de incidencia.

GRÁFICO 1: ESCALA DE INCIDENCIA DE LAS FAMILIAS



Fuente: Elaboración propia

Según lo que observa en el grafico 1 es que el mayor número de familias de maíz waltaco tienen una incidencia alta por la pudrición de mazorca según (Chavarri, 2017), teniendo 32 familias de maíz con una incidencia mayor al 30%, en los mismos gráficos se observa también que solamente 2 familias tienen una escala de incidencia baja y finalmente 6 familias con una escala intermedia que presenta un porcentaje del 15 y 30%.

Los resultados obtenidos en la evaluación de la incidencia de pudrición de mazorca en las familias de maíz waltaco revelan que un 80% de las familias presentan una incidencia alta ($\geq 30\%$), un 15% muestran una incidencia intermedia (15–30%), y solo el 5% tienen una incidencia baja ($\leq 15\%$). Esta distribución muestra un predominio de genotipos susceptibles frente a *Fusarium* spp., lo que representa un riesgo fitosanitario y productivo importante en la comunidad de Jarcas. Estos resultados se alinean con lo reportado por (Chavarri, 2017), en su estudio en Venezuela, donde se encontró que la incidencia de *F. verticillioides* en híbridos de maíz blanco osciló entre 0% y 29%, utilizando la misma escala de clasificación baja ($\leq 15\%$), intermedia (15–30%) y alta ($\geq 30\%$). Este enfoque fue utilizado como base para la categorización en el presente estudio, lo cual permite establecer comparaciones regionales y respaldar metodológicamente los umbrales utilizados. En el estudio de (Chavarri, 2017), los híbridos D1B-246 y D1B-348 fueron destacados como materiales con baja incidencia de *F. verticillioides*, recomendados para su uso en campo como estrategia de control del patógeno. En el caso del maíz waltaco, las familias F-207 y F-268, con incidencia baja, podrían desempeñar un rol similar en la región de estudio, siendo candidatas potenciales para programas de selección de acuerdo a nuestro trabajo de investigación.

3.2. Evaluación de la severidad en la cosecha

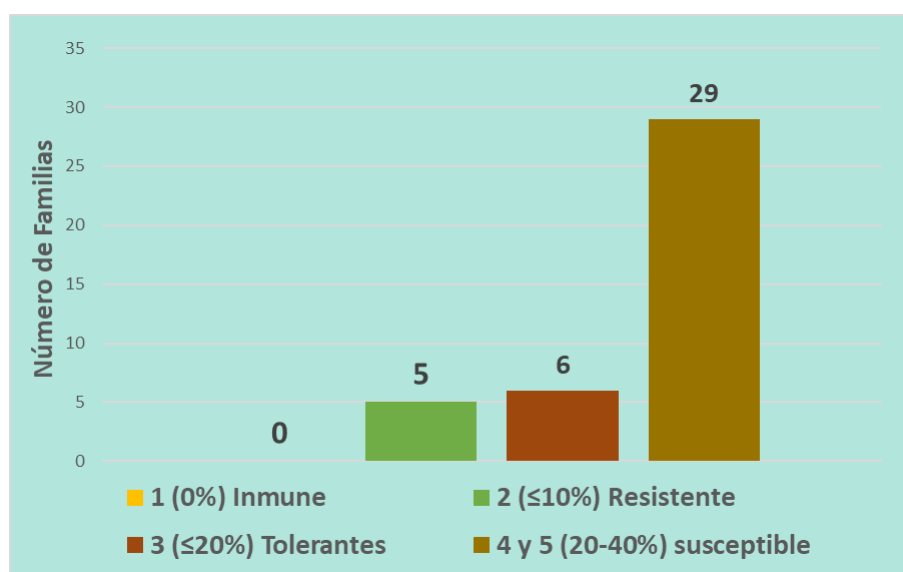
TABLA 6 : ESCALA DE SEVERIDAD DE LAS FAMILIAS

Escala de severidad			
1 (0%)	Inmune	0	0
2 ($\leq 10\%$)	Resistente	5	F-216, F-182, F-207, F-268, F-121
3 ($\leq 20\%$)	Tolerantes	6	F-248, F-173, F-29, F-290, F-88, F-90
4 y 5 (20-40%)	susceptible	29	F-246, F-217, F-250, F-278, F-285, F-275, F-54, F-36, F-93, F-185, F-211, F-223, F-300, F-262, F-227, F-281, F-25, F-241, F-257, F-285, F-271, F-155, F-264, F-69, F-239, F-284, F-245, F-58, F-295

Fuente: Elaboración propia (en base a recolección de datos de campo).

La Tabla 6 de escala de severidad presenta la clasificación de las familias evaluadas según su nivel de resistencia o susceptibilidad, utilizando una escala de severidad con cinco categorías propuesta por (Martel, 1993), donde las familias F-216, F-182, F-207, F-268, F-121 muestran un nivel de severidad menor al 10 % clasificadas como resistentitas, mientras que las familias F-248, F-173, F-29, F-290, F-88, F-90 muestran un nivel de severidad menor al 20% clasificadas como familias tolerantes y las que presentan un nivel alto de severidad clasificadas como familias susceptibles son las familias F-246, F-217, F-250, F-278, F-285, F-275, F-54, F-36, F-93, F-185, F-211, F-223, F-300, F-262, F-227, F-281, F-25, F-241, F-257, F-285, F-271, F-155, F-264, F-69, F-239, F-284, F-245, F-58, F-295. Cabe destacar que la mayoría de los casos (29 de 40) se ubicaron en el rango de familias susceptibles (20-40%), mientras que solo 11 familias mostraron resistencia ($\leq 20\%$) las que son clasificadas como familias tolerantes a la pudrición de mazorca de acuerdo a nuestra investigación.

GRÁFICO 2: ESCALA DE SEVERIDAD DE LAS FAMILIAS



Fuente: Elaboración propia

Según lo que se observa en la gráfica 2 es que el mayor número de familias se encuentra en la escala de familias susceptibles a la pudrición de mazorca según (Martel, 1993), teniendo 29 familias, en el mismo grafico se observa también que solamente 6 familias

son tolerantes y 5 familias de maíz waltaco son resistentes a la pudrición de mazorca según la escala de clasificación realizada.

La evaluación de la severidad de la pudrición de mazorca en familias de maíz waltaco permitió identificar diferencias significativas en el comportamiento frente al ataque de *Fusarium* spp., utilizando una escala de calificación del 1 al 5, en la que 1 representa inmunidad (0% de daño) y 5 daño superior al 40%. Esta escala fue tomada del estudio realizado por (Martel, 1993) en El Salvador, donde se aplicó la misma metodología para evaluar líneas, cruza simples e híbridos comerciales de maíz frente a *Fusarium*. En el presente estudio, el 72,5% de las familias se ubicaron en los grados 4 y 5, clasificadas como susceptibles, con niveles de daño superiores al 20%. Mientras tanto, solo 5 familias siendo el 12,5% fueron resistentes de grado 2, con daño ($\leq 10\%$) y 6 familias siendo el 15% se consideraron tolerantes con grado 3, daño ($\leq 20\%$). Ninguna familia fue clasificada como inmune (grado 1), lo que indica la ausencia de familias completamente libres de infección en el ensayo. Estas proporciones coinciden con los hallazgos del estudio en El Salvador, donde solo un pequeño número de genotipos (como LT-200 x 615, LT-10 x LT-20 y H-9) mostró valores de severidad inferiores a 1.68 y niveles de infección del 10% bajo condiciones de inoculación artificial. De igual forma, la mayoría de las líneas puras analizadas en dicho estudio presentaron niveles altos de severidad, por encima de 2.5 y hasta 3.53 en algunos casos, lo cual se asemeja al comportamiento observado en muchas de las familias de maíz waltaco. El comportamiento de las familias F-216, F-182, F-207, F-268 y F-121, clasificadas como resistentes de grado 2), es especialmente relevante. Estos materiales pueden representar líneas con mecanismos de defensa eficientes o características morfológicas como buena cobertura de mazorca y brácteas apretadas, que dificultan la entrada del patógeno. En el estudio salvadoreño, también se asociaron menores niveles de severidad a genotipos con buena adaptación climática y arquitectura favorable de mazorca.

3.3. características agronómicas de las familias de maíz

3.3.1. Tiempo de floración masculina

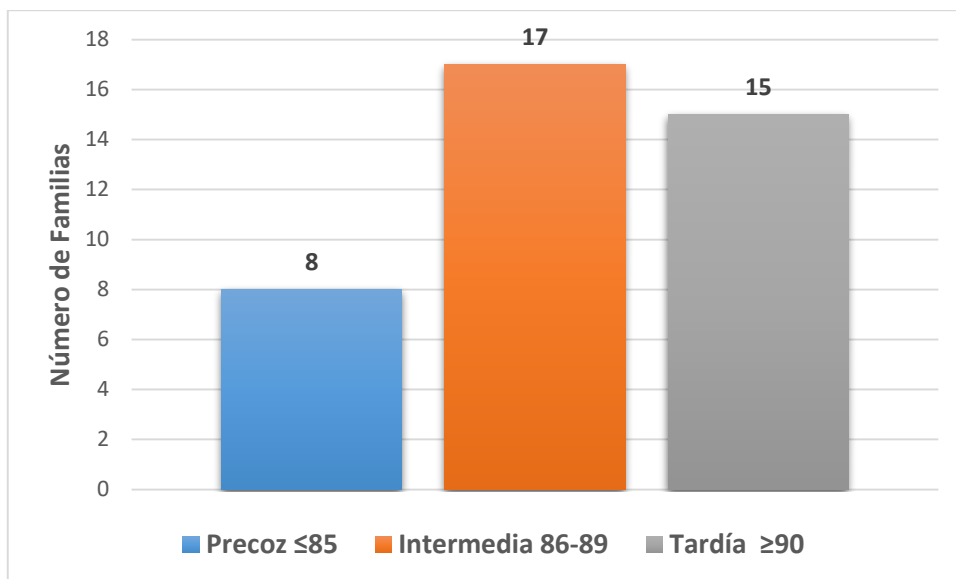
Desviación estándar	2,71
Media	87
Precoz	85
Intermedia	87
Tardía	90

TABLA 7: CATEGORIZACIÓN DE LOS DÍAS DE FLORACIÓN MASCULINA

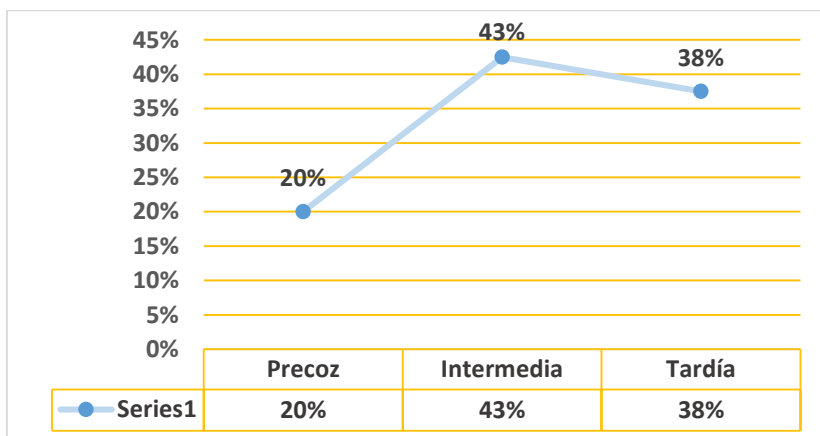
Días de floración Masculina			N° de familias	% de Floración
Categoría	Días de floración	Familias		
Precoz	≤85	F-216, F-246, F-185, F-245, F-88.	8	20%
Intermedia	86-89	F-217, F-250, F-278, F-182, F-285, F-275, F-93, F-223, F-300, F-121, F-262, F-241, F-257, F-155, F-264, F-29, F-284	17	43%
Tardía	≥90	F-54, F-207, F-36, F-211, F-268, F-248, F-227, F-281, F-25, F-271, F-173, F-290, F-58, F-90, F-295	15	38%

Fuente: Elaboración propia (en base a recolección de datos de campo)

La estratificación realizada en la tabla N°7 se basó en el modelo propuesto por (Jiménez et al, 2012), donde se comparó los días de floración de maíces criollo mejorados, híbridos y variedades sintéticas. En éste sentido de acuerdo a las observaciones se determinó que el 43% de las familias estudiadas tienen su floración masculina entre 86 y 89 días después de la siembra; el 38% de las familias de waltaco tienen su floración masculina después de los 90 días de la siembra. Finalmente, el 20% de las familias estudiadas presenta la floración masculina en menos de 85 días después de la siembra.

GRÁFICO 3: FLORACIÓN MASCULINA

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 4: PORCENTAJE DE FLORACIÓN MASCULINA DE ACUERDO A SU CATEGORIZACIÓN (PRECOZ, INTERMEDIA Y TARDÍA)

Fuente: Elaboración propia.

Según lo que se observa en la gráfica N°3 y N°4 que el mayor número de familias de maíz waltaco tienen una floración masculina categorizada como intermedia según la metodología de (Jiménez et al, 2012), florando entre los 86 y 89 días. En los mismos gráficos se observa también que solamente 8 familias tienen una floración categorizada como precoz menor a los 85 días después de la siembra y finalmente solo 15 familias

mostraron floración masculina categorizada como tardía, después de los 90 días de la siembra.

La floración masculina es crucial para la sincronización de la polinización, ya que la panoja (inflorescencia masculina) libera el polen necesario para la fecundación de las flores femeninas. La sincronización entre la floración masculina y femenina es esencial para maximizar el rendimiento del cultivo. Según (Pioneer, 2014), el maíz es una planta hermafrodita que produce flores masculinas y femeninas separadas en la misma planta, siendo la panoja la encargada de la producción de polen.

Además, la fecha de siembra puede influir significativamente en los días de floración masculina. Estudios han demostrado que la fecha de siembra tiene un efecto marcado en el rendimiento y en los días de floración, especialmente en siembras de otoño-invierno. (Avila, 2014).

3.3.2. Tiempo de la floración femenina

Desviación estándar	2,71
Media	91
Precoz	89
Intermedia	91
Tardía	94

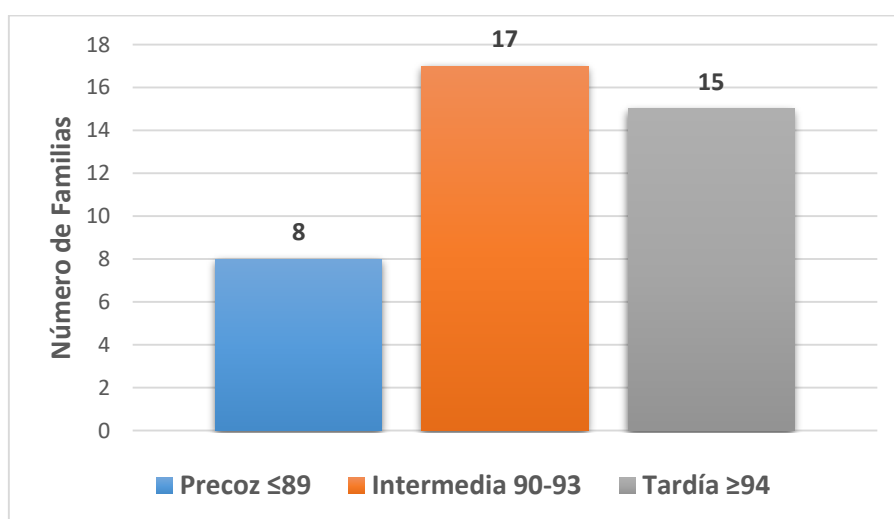
TABLA 8: CATEGORIZACIÓN DE LOS DÍAS DE FLORACIÓN FEMENINA

Días de floración Femenina			N° de familias	% de Floración
Categoría	Días de floración	Familias		
Precoz	≤89	F-216, F-246, F-185, F-285, F-69, F-239, F-245, F-88	8	20%
Intermedia	90-93	F-217, F-250, F-278, F-182, F-285, F-275, F-93, F-223, F-300, F-121, F-241, F-257, F-155, F-264, F-29, F-284	17	43%
Tardía	≥94	F-54, F-207, F-36, F-211, F-268, F-248, F-227, F-281, F-25, F-271, F-173, F-290, F-58, F-90, F-295	15	38%

Fuente: Elaboración propia (en base a recolección de datos de campo)

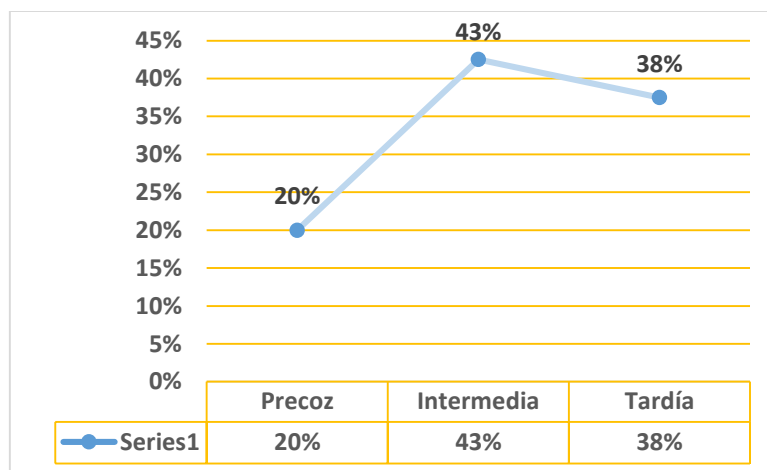
La clasificación realizada en la tabla N°8 se basó en el modelo propuesto por (INEGI, 1997), donde se comparó los días de floración de maíces híbridos y variedades mejoradas. En este sentido y de acuerdo a las observaciones se determinó que el 43% de las familias estudiadas tienen su floración femenina entre los 90 y 93 días después de la siembra; el 38% de las familias de waltaco tienen su floración femenina después de los 94 días después de la siembra. Finalmente, el 20% de las familias estudiadas presenta la floración femenina en menos de 89 días después de la siembra.

GRÁFICO 5: FLORACIÓN FEMENINA



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 6: PORCENTAJE DE FLORACIÓN FEMENINA DE ACUERDO A SU CATEGORIZACIÓN (PRECOZ, INTERMEDIA Y TARDÍA)



Fuente: Elaboración propia.

Según (Reynolds, 2021), los días de floración femenina en promedio se dan a partir de los 67 días después de la siembra. Se puede observar en la gráfica N°5 y N°6 que hay 17 familias que tienen una floración femenina intermedia de 90 y 93 días después de la siembra. En los mismos gráficos se observa también que solamente 8 familias tienen una floración categorizada como precoz menor a los 89 días después de la siembra y finalmente que solo 15 familias mostraron una floración femenina categorizada como tardía después de los 94 días de la siembra.

A estos datos sobre la floración masculina y femenina los respalda (Virgen et al, 2014), asegurando que éstas presentan sincronía en los tiempos de floración.

La sincronización entre la floración masculina y femenina es vital para una polinización efectiva y, por ende, para un buen rendimiento del cultivo. La variedad INIA-615, por ejemplo, ha sido destacada por su precocidad en la floración femenina y masculina, logrando días de floración femenina de 101.5 días en ciertas condiciones (Rabanal et al, 2021).

Es importante destacar que la variabilidad en la floración femenina puede estar influenciada por factores genéticos y ambientales, incluyendo la fecha de siembra y las

condiciones climáticas. La comprensión de estos factores es esencial para optimizar las prácticas agrícolas y mejorar el rendimiento del maíz. (Miramontes, 2014)

En conclusión; La sincronización entre la floración masculina (antesis) y femenina (emisión de estigmas) es crucial para una polinización efectiva en el maíz. Un intervalo corto entre ambas floraciones, conocido como ASI (Intervalo Antesis-Estigma), es deseable ya que mejora la eficiencia reproductiva y el rendimiento del grano. Estudios han demostrado que una mayor sincronía en la floración reduce el riesgo de aborto de granos y aumenta la estabilidad del rendimiento, especialmente bajo condiciones de estrés ambiental (lluvia). (Castañón et al, 2004).

3.3.3. Altura de las plantas

Desviación estándar	11,91
Media	222,56
Alta	234,47
Madia	222,56
Baja	210,65

TABLA 9: CATEGORIZACIÓN DE LA ALTURA DEL MAÍZ WALTACO

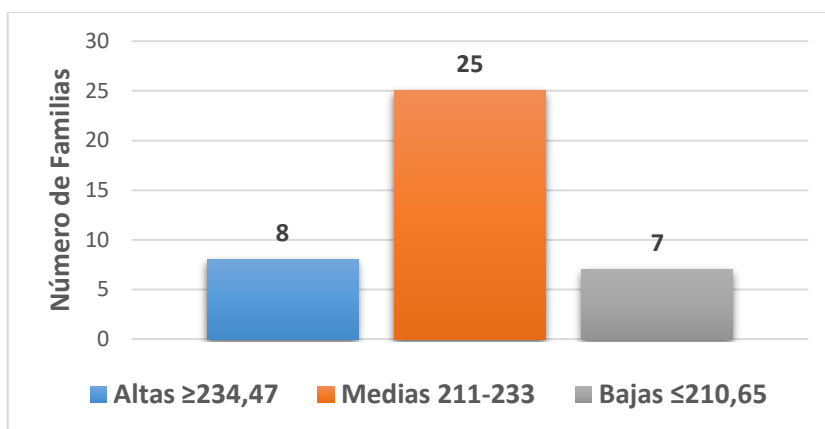
Categoría	Altura de las plantas		N° de familias	% de Altura
	Altura (cm)	Familias		
Altas	$\geq 234,47$	F-217, F-275, F-211, F-268, F-262, F-25, F-29, F-58	8	20%
Medias	211-233	F-216, F-246, F-278, F-285, F-54, F-207, F-93, F-185, F-248, F-223, F-121, F-227, F-281, F-257, F-285, F-271, F-173, F-155, F-69, F-239, F-284, F-290, F-88, F-90, F-295	25	63%
Bajas	$\leq 210,65$	F-250, F-182, F-36, F-300, F-241, F-264, F-245	7	18%

Fuente: Elaboración propia (en base a recolección de datos de campo)

La estratificación realizada en la tabla N°9 se basó en el modelo propuesto por (Condori et al, 2013), donde se tomó una muestra de 5 plantas de maíz al azar y se categorizó las

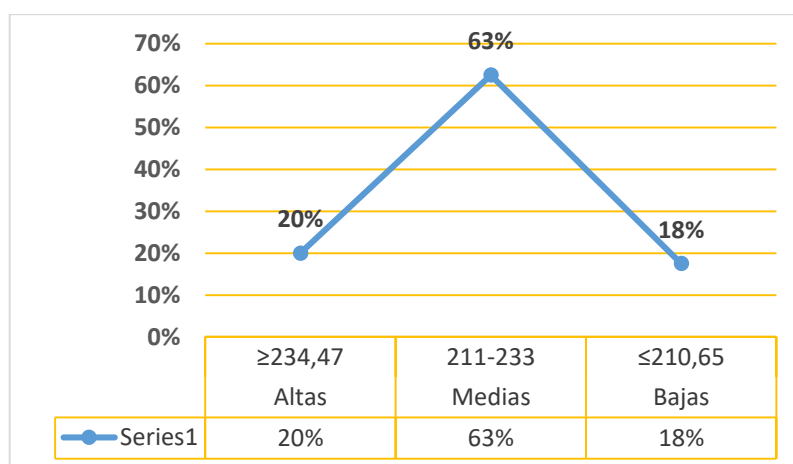
alturas. En este sentido y de acuerdo a las observaciones se determinó que el 63% de las familias estudiadas tienen una altura de entre 211 y 233cm después de la siembra; el 20% de las familias de waltaco obtienen un crecimiento mayor o igual a 234,47cm después de la siembra, finalmente el 18% de las familias estudiadas obtienen un crecimiento de menor o igual a 210,65cm después de la siembra.

GRÁFICO 7: ALTURAS DEL MAÍZ WALTACO



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 8: PORCENTAJE DE ALTURA DE LA PLANTA DE ACUERDO A SU CATEGORIZACIÓN (ALTAS, MEDIAS Y BAJAS).



Fuente: Elaboración propia.

Según la metodología de (Condori et al, 2013), Se puede observar en la gráfica N°7 y N°8 que hay 25 familias que tienen una altura media de 211 y 233cm después de la

siembra. En los mismos gráficos se observa también que solamente 8 familias tienen una altura de mayor o igual a 234,47cm categorizada como altas y 7 familias muestran una altura menor o igual a 210,65 categorizada como bajas después de la siembra.

Para la variable altura de la planta de maíz waltaco, considerando que en este estudio la mayoría de las familias presentan una altura promedio entre 211-233cm, se observa que estos valores están dentro del rango que (Miranda, 2021) considera como una planta mediana a alta. Además, Miranda obtuvo un valor promedio de 300cm para la misma familia.

3.3.4. Altura de la mazorca

Desviación estándar	9,99
Media	126,52
Alta	136,51
Madia	126,52
Baja	116,53

TABLA 10: CATEGORIZACIÓN DE LA ALTURA DE LA MAZORCA (ALTA, MEDIANA Y BAJA)

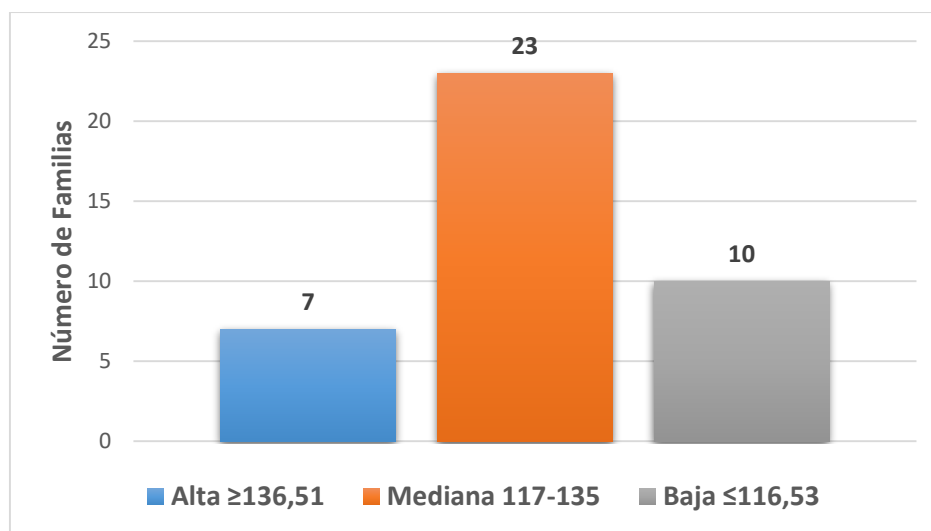
Altura de Mazorca			N° de Familias	% de Altura
Categoría	Altura (cm)	Familias		
Alta	$\geq 136,51$	F-275, F-207, F-211, F-268, F-271, F-69, F-90	7	18%
Mediana	117-135	F-216, F-217, F-182, F-285, F-54, F-93, F-248, F-223, F-262, F-227, F-281, F-257, F-173, F-155, F-264, F-29, F-239, F-284, F-290, F-245, F-88, F-58, F-295	23	58%
Baja	$\leq 116,53$	F-246, F-250, F-278, F-36, F-185, F-300, F-121, F-251, F-285	10	25%

Fuente: Elaboración propia (en base a recolección de datos de campo)

La clasificación realizada en la tabla N°10 se basó en el modelo propuesto por (Condori et al, 2013), donde se categorizó el tamaño de la mazorca. En este sentido y de acuerdo

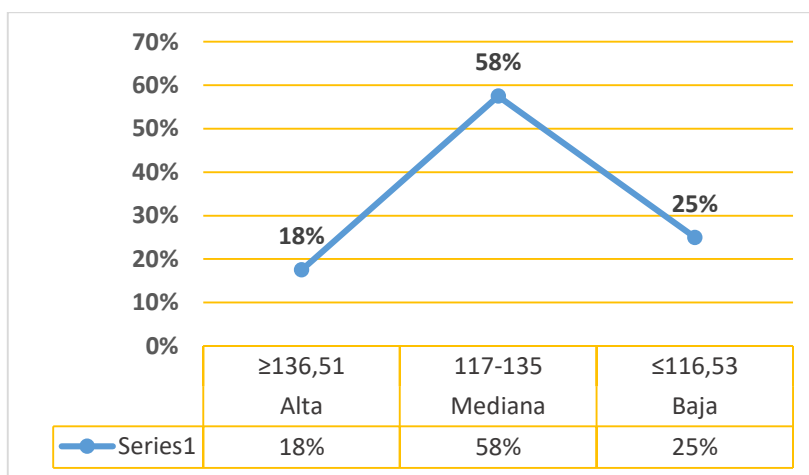
a las observaciones se determinó que el 58% de las familias estudiadas tienen una altura de la mazorca de 117 y 135cm después de la siembra; el 25% de maíz waltaco tienen un crecimiento de la mazorca menor o igual a 116,53cm después de la siembra, finalmente el 18% de las familias estudiadas tienen una altura de la mazorca mayor o igual a 136,51cm después de la siembra.

GRÁFICO 9: ALTURAS DE LA MAZORCA



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 10: PORCENTAJE DE LA ALTURA DE LA MAZORCA DE ACUERDO A SU CATEGORIZACIÓN (ALTA, MEDIANA Y BAJA)



Fuente: Elaboración propia.

Según lo que se observa en la gráfica N°9 y N°10 es que el mayor número de familias waltaco tienen una altura de mazorca categorizada como mediana según la metodología de (Condori et al, 2013), teniendo una altura de 117 y 135cm. En los mismos gráficos se observa también que solamente 10 familias tienen una altura de mazorca categorizada como baja y finalmente 7 familias tienen una altura de mazorca categorizada como alta después de la siembra.

El análisis del tamaño de la mazorca en las familias de maíz waltaco evaluadas muestran que la mayoría miden de 117 a 135cm las se encuentran dentro del rango reportado en estudios previos. Según datos publicados por (Virgen, 2014), menciona que la altura promedio de la mazorca se sitúa en un rango de 52 a 135cm.

En conclusión, La altura de la planta y de la mazorca superior son importantes en un lote de desespigamiento debido a que ambas alturas influyen en las actividades de desespigamiento y polinización. Las líneas altas, al ser usadas como macho, no tienen problemas para la dispersión de polen hacia el jilote de la hembra porque este desciende; por el contrario, al ser utilizadas como hembra se dificulta el desespigue, toda vez que una planta con menor altura es fácil de manipular para eliminar la espiga, en menor tiempo y bajo costo, en comparación con una alta. toda vez que una planta con menor altura es fácil de manipular para eliminar la espiga, en menor tiempo y bajo costo, en comparación con una alta. (Virgen, 2014),

3.3.5. Maduración Fisiológica

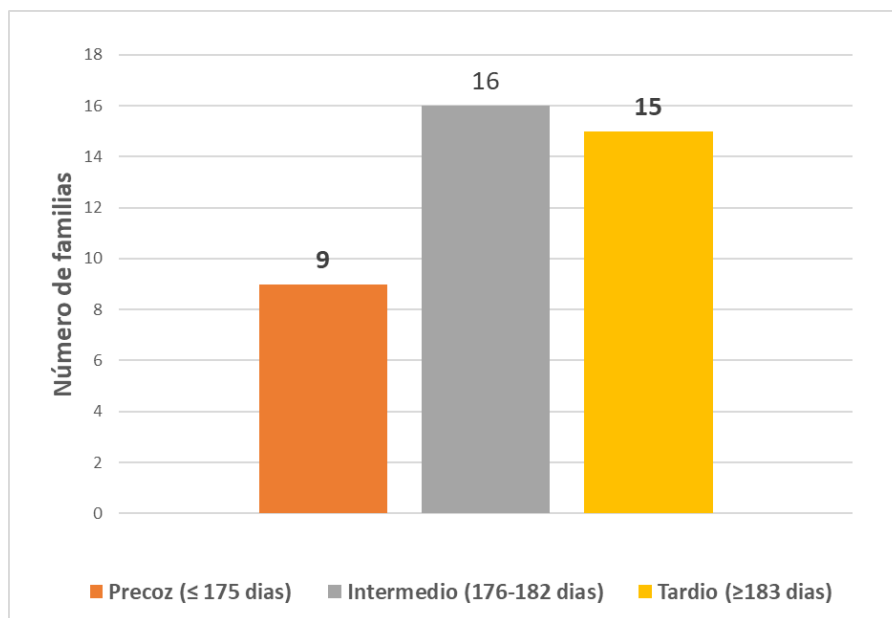
Desviación estandar	4,09
Media	179
Precoz	175
Intermedia	179
Tardía	183

TABLA 11: CATEGORIZACIÓN DE LOS DÍAS DE MADURACIÓN FISIOLÓGICA (PRECOZ, INTERMEDIA Y TARDIA)

Maduración fisiológica				
Categoría	Días	Familias	No. De Familias	% de maduración fisiológica
Precoz	(≤ 175 días)	F-216, F-246, F-217, F-185, F-285, F-69, F-239, F-245, F-88	9	22,50%
Intermedio	(176-182 días)	F-250, F-278, F-182, F-285, F-275, F-93, F-223, F-300, F-121, F-262, F-241, F-257, F-157, F-155, F-264, F-29, F-284	16	40,00%
Tardío	(≥ 183 días)	F-54, F-207, F-36, F-211, F-268, F-248, F-227, F-281, F-25, F-271, F-173, F-290, F-58, F-90, F-295	15	37,50%

Fuente: Elaboración propia (en base a recolección de datos de campo).

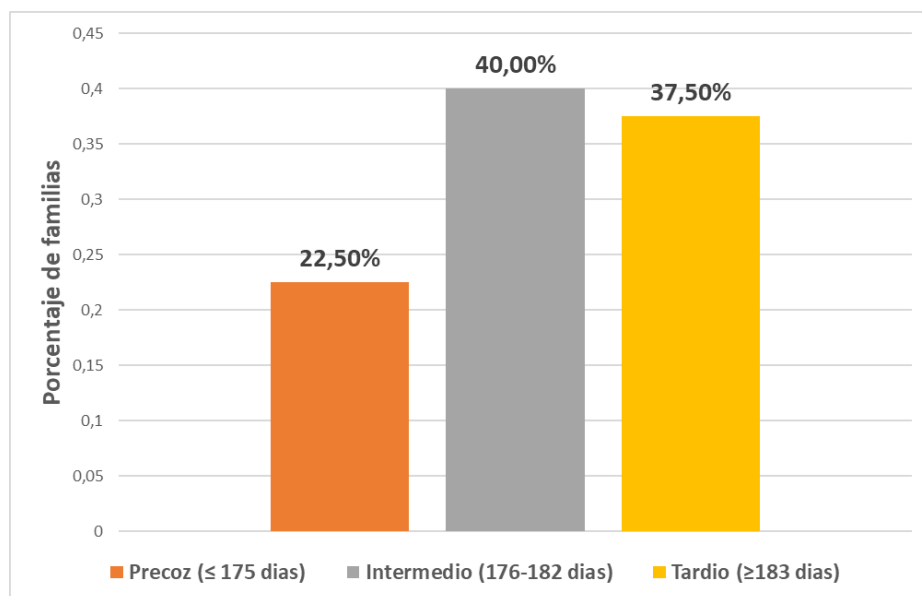
La clasificación realizada en la tabla N°11 se basó en el modelo propuesto por (Bayuelo, 2012), en este sentido y de acuerdo a las observaciones se determinó que el 40% de las familias estudiadas tienen una maduración fisiológica intermedia; el 37.5% de las mazorcas de maíz waltaco tuvieron una maduración tardía después de los 183 días, finalmente el 22.5% de las familias estudiadas tienen una maduración fisiológica precoz.

GRÁFICO 11: MADURACIÓN FISIOLÓGICA

Fuente: Elaboración propia.

Según lo que observa en la tabla N°11 y N°12 es que el mayor número de familias de maíz tiene una maduración fisiológica intermedia según la metodología de (Bayuelo, 2012), teniendo un porcentaje del 40%, en los mismos gráficos se observa también que solamente 15 familias tiene una maduración fisiológica categorizada como tardía y finalmente 9 familias tienen una maduración de la mazorca categorizada como precoz después de la cosecha con un porcentaje del 22.5%.

GRÁFICO 12: PORCENTAJE DE LA MADURACIÓN FISIOLÓGICA DE ACUERDO A LA CATEGORIZACIÓN (PRECOZ, INTERMEDIA Y TARDÍA)



Fuente: Elaboración propia.

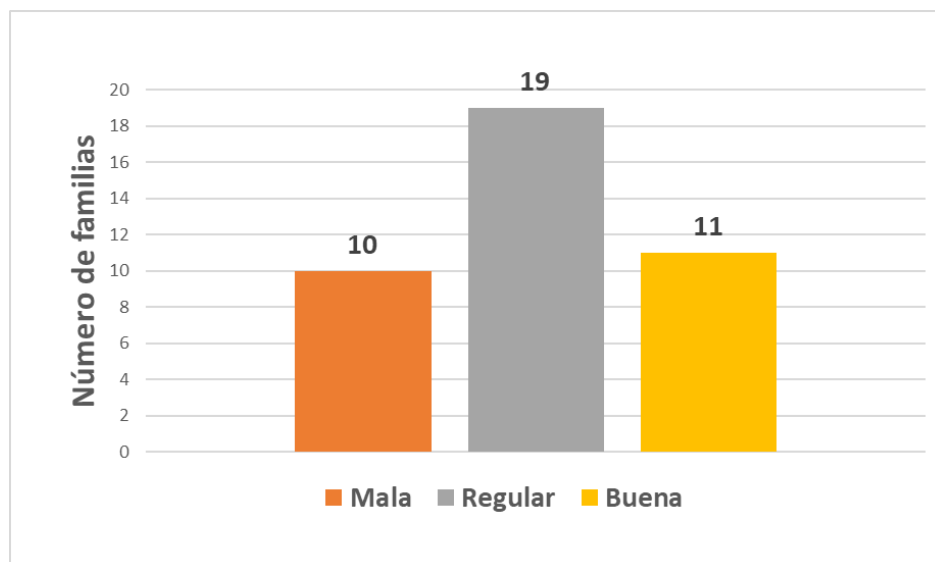
La madurez fisiológica del maíz es un factor determinante en la selección de genotipos adaptados a diversas condiciones agroclimáticas donde (Díaz, 1997)) evaluó genotipos de maíz en condiciones de clima frío moderado en Colombia, observando que la madurez fisiológica, determinada por la aparición de la capa negra en el grano, ocurrió entre los 156 y 192 días después de la siembra. Este rango de madurez permite clasificar las familias donde se identificaron 9 familias precoces, 16 intermedias y 15 tardías.

TABLA 12: CATEGORIZACIÓN DE COBERTURA DE LA MAZORCA (MALA, REGULAR Y BUENA).

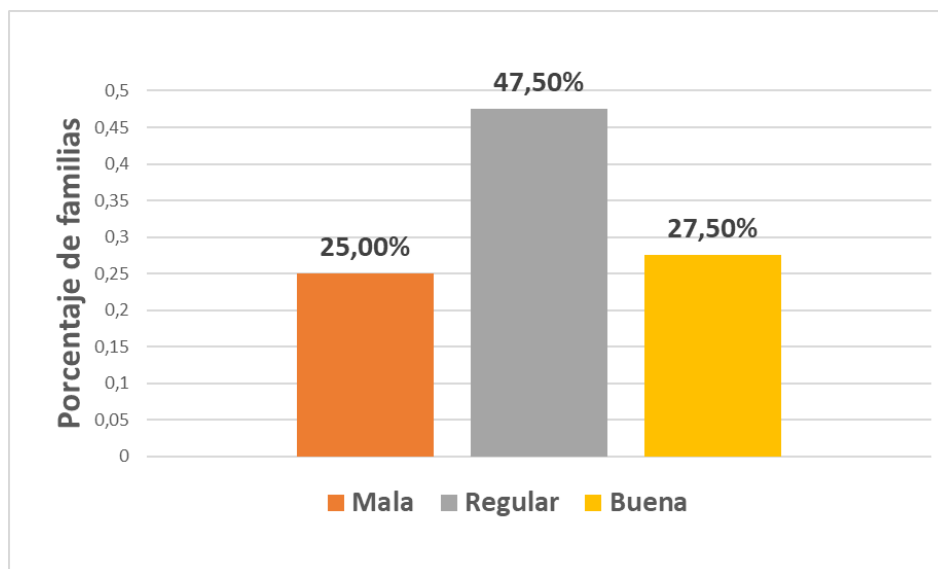
Cobertura de mazorca			
Categoría	Familias	No. De Familias	% de cobertura de mazorca
Mala	F-278, F-223, F-300, F-281, F-241, F-155, F-264, F-69, F-239, F-245	10	25,00%
Regular	F-246, F-217, F-250, F-285, F-275, F-54, F-36, F-93, F-185, F-211, F-262, F-227, F-25, F-257, F-285, F-271, F-284, F-58, F-295	19	47,50%
Buena	F-216, F-182, F-207, F-268, F-248, F-173, F-29, F-88, F-90, F-121, F-290	11	27,50%

Fuente: Elaboración propia (en base a recolección de datos de campo).

La clasificación realizada en la tabla N°12 se basó en el modelo propuesto por (López, 2008), donde propuso un modelo de evaluación para la cobertura de la mazorca. En este sentido y de acuerdo a las observaciones se determinó que el 47.5 % de las familias estudiadas tienen una cobertura de mazorca regular lo que indica que cubre aparentemente la punta de la mazorca; el 27,5 % de las mazorcas de maíz waltaco tiene una cobertura buena indicando que las brácteas cubren la punta de la mazorca, finalmente el 25 % de las familias estudiadas tiene una cobertura mala porque se puede ver la punta de la mazorca.

GRÁFICO 13: COBERTURA DE LA MAZORCA

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO 14: PORCENTAJE DE LA COBERTURA DE LA MAZORCA DE ACUERDO A SU CATEGORIZACIÓN (MALA, INTERMEDIA Y BUENA)

Fuente: Elaboración propia

Según lo que observa en la gráfica N°13 y N°14 es que el mayor número de familias de maíz waltaco tiene una cobertura de mazorca de categoría regular según la

metodología de (López, 2008), teniendo un porcentaje del 47.5%. en los mismos gráficos se observa también que solamente 10 familias tienen una cobertura de mazorca categorizada como mala y finalmente 11 familias tienen una cobertura de mazorca categorizada como buena después de la cosecha.

La cobertura de mazorca es un carácter morfológico fundamental en la protección del grano contra agentes patógenos, especialmente *Fusarium* spp., principal causante de la pudrición de mazorca en el maíz. En este estudio, se evaluó la cobertura de mazorca en familias de maíz waltaco según los criterios establecidos por el Programa Colaborativo de Fitomejoramiento Participativo en Mesoamérica a través de los "Descriptores del maíz", categorizando las familias en mala, regular y buena cobertura. Los resultados muestran que el 47,50 % de las familias presentan una cobertura regular, el 27,50 % poseen una buena cobertura y el 25 % tienen una cobertura deficiente. Estos hallazgos indican que existe variabilidad en la expresión de esta característica dentro del germoplasma evaluado, lo que permite considerar la cobertura de mazorca como un criterio clave en la selección de materiales con mayor tolerancia a enfermedades. Desde un punto de vista fitopatológico, la cobertura adecuada de la mazorca reduce la incidencia de *Fusarium* spp., al impedir el ingreso de esporas y reducir la humedad en los granos ya que el papel de la cubierta de la mazorca y la influencia de la infestación intramazorca por trips en la severidad de la pudrición de la mazorca por *Fusarium* (*Fusarium moniliforme*) se evaluaron en 1990, 1991 y 1992 entre híbridos de maíz (*Zea mays*) previamente clasificados como susceptibles, intermedios o resistentes a la pudrición de la mazorca por *Fusarium*. según un artículo presentado por (Walfield, 1996).

3.3.6. LONGITUD DE LA MAZORCA

Desviación estándar	1,12
Media	14,63
Muy corta	12,40
Corta	13,52
Media	14,63
Larga	15,75
Muy larga	16,87

TABLA 13: LONGITUD DE LA MAZORCA

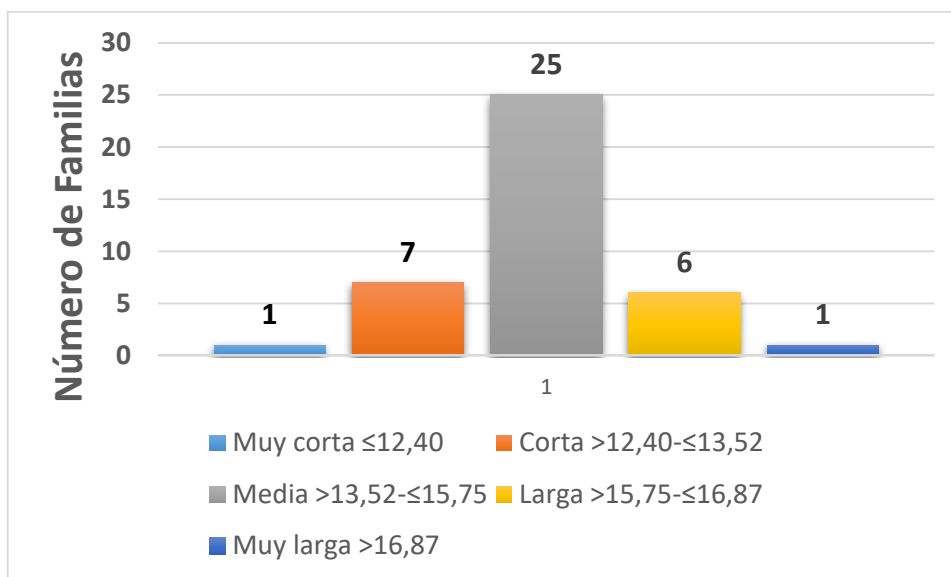
Longitud de la mazorca			N° de Familias	% de Altura de mazorca
Categoría	Altura de mazorcas (cm.)	Familias		
Muy corta	$\leq 12,40$	F-155	1	3%
Corta	$> 12,40 - \leq 13,52$	F-182, F-207, F-300, F-227, F-241, F-69, F-245	7	18%
Media	$> 13,52 - \leq 15,75$	F-216, F-246, F-217, F-278, F-285, F-275, F-54, F-36, F-93, F-211, F-248, F-223, F-262, F-281, F-25, F-257, F-173, F-264, F-239, F-284, F-290, F-88, F-58, F-90, F-295	25	63%
Larga	$> 15,75 - \leq 16,87$	F-250, F-268, F-121, F-285, F-271, F-29	6	15%
Muy larga	$> 16,87$	F-185	1	3%

Fuente: Elaboración propia (en base a recolección de datos de campo).

La clasificación realizada en la tabla N°13 se basó en la guía para la descripción de variedades nativas de maíz propuesta por (Villalobos et al,2024), donde clasifica las mazorcas de maíz en diferentes categorías. En este sentido y de acuerdo a las observaciones se determinó que el 63% de las familias de maíz estudiadas tienen una longitud de mazorca categorizada como media; el 18% de las mazorcas estarían con mazorcas de categoría corta; y en un porcentaje del 15% estarían las mazorcas de

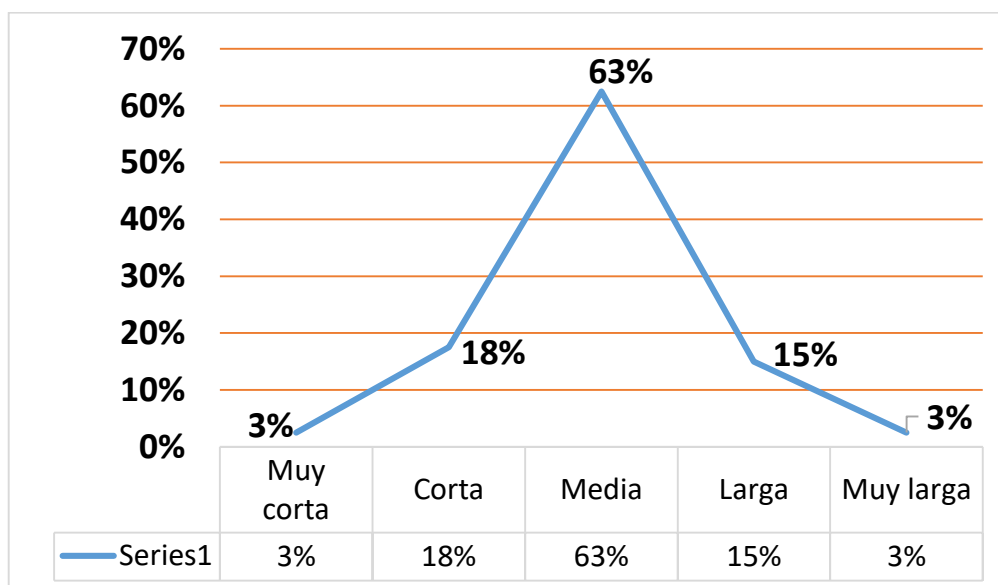
categoría larga y finalmente con un valor del 3% se encontrarían las mazorcas de categoría muy cortas como las de categoría muy largas.

GRÁFICO 15: LONGITUD DE LA MAZORCA



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO 16: PORCENTAJE DE LA LONGITUD DE LA MAZORCA



Fuente: Elaboración propia

Según lo que observa en la gráfica N°15 y N°16 es que el mayor número de familias de maíz waltaco tiene la longitud de la mazorca de categoría media según la guía para la descripción de variedades nativas de maíz por (Villalobos et al,2024), teniendo un porcentaje del 63%. En los mismos gráficos se observa también que solamente 7 familias tienen una longitud categorizada como corta; 6 familias categorizadas como mazorcas de longitud larga y finalmente tanto como para familias de longitud de categoría muy corta y muy larga solamente 1 familia por cada categoría.

La longitud de la mazorca es un carácter agronómico relevante en el cultivo de maíz, ya que influye directamente en el rendimiento y la eficiencia de cosecha. En la Tabla 13, se observa que la mayoría de las familias evaluadas el 63% se agruparon en la categoría media con longitudes comprendidas entre (13,52 cm y 15,75 cm.), Familias como F-216, F-246, F-217, F-278, F-285, F-275, F-54, F-36, F-93, F-211, F-248, F-223, F-262, F-281, F-25, F-257, F-173, F-264, F-239, F-284, F-290, F-88, F-58, F-90, F-295, se encuentran dentro de este grupo, lo cual indica un buen potencial productivo. Solo un 3% de las familias (F-155 y F-185), se ubicaron en los extremos de muy corta ($\leq 12,40$ cm) y muy larga ($> 16,87$ cm) de longitud, lo cual puede representar una variabilidad genética importante a considerar en procesos de selección. El grupo con mazorcas largas (15,75 - 16,87 cm), donde se encuentran las familias F-250, F-268, F-121, F-285, F-271, F-29, constituye el 15% del total y presenta una ventaja en términos de producción de grano por unidad, como lo señalan trabajos de (Guamán, 2020), quienes destacan que las mazorcas largas, bien llenadas, están asociadas con un mayor peso de grano y, por tanto, mayor rendimiento comercial. Por otro lado, las familias con mazorcas muy cortas podrían estar relacionadas con factores genéticos o ambientales restrictivos, como disponibilidad hídrica o competencia por nutrientes. Según (García, 1993), mazorcas con longitudes menores a 13 cm tienden a presentar menor número de hileras y granos por hilera, reduciendo significativamente el rendimiento por planta.

3.3.7. DIÁMETRO DE LA MAZORCA

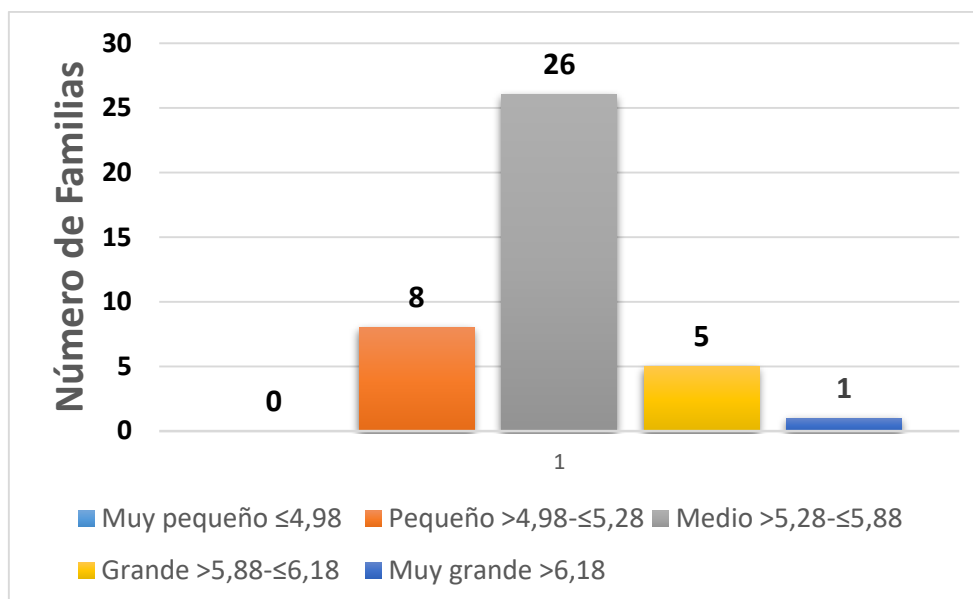
Desviación estándar	0,30
Media	5,58
Muy pequeño	4,98
Pequeño	5,28
Medio	5,58
Grande	5,88
Muy grande	6,18

TABLA 14: DIÁMETRO DE LA MAZORCA

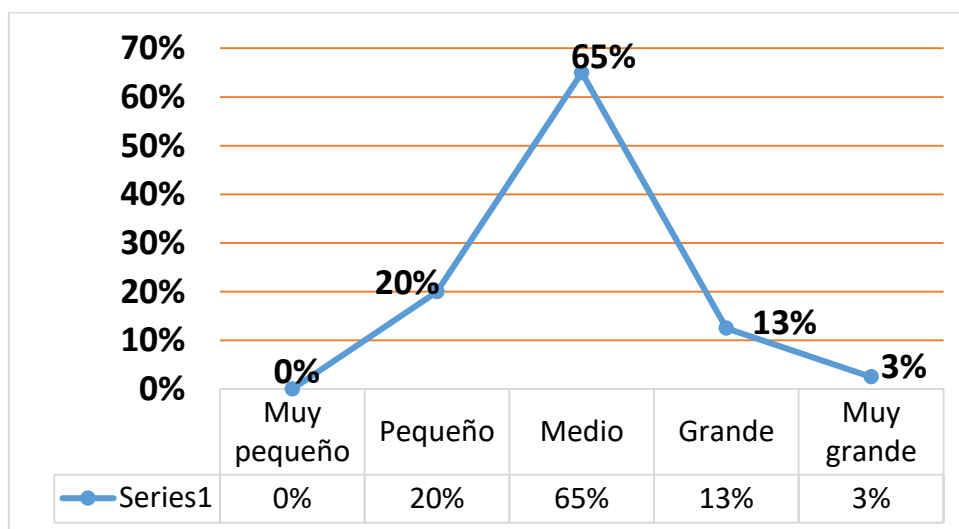
Diámetro de la mazorca			N° de Familias	% de Altura de mazorca
Categoría	Altura de mazorcas (cm.)	Familias		
Muy pequeño	$\leq 4,98$	Ninguna	0	0%
Pequeño	$>4,98-\leq 5,28$	F-182, F-275, F-300, F-262, F-227, F-25, F-29, F-90	8	20%
Medio	$>5,28-\leq 5,88$	F-216, F-246, F-217, F-278, F-207, F-36, F-93, F-211, F-268, F-248, F-223, F-121, F-281, F-241, F-257, F-285, F-271, F-173, F-155, F-69, F-239, F-290, F-245, F-88, F-58, F-295	26	65%
Grande	$>5,88-\leq 6,18$	F-285, F-54, F-185, F-264, F-284	5	13%
Muy grande	$>6,18$	F-250	1	3%

Fuente: Elaboración propia (en base a recolección de datos de campo).

La clasificación realizada en la tabla N°14 se basó en el modelo propuesto por (Villalobos et al,2024), donde tiene una tabla de categorización del diámetro para mazorcas. En este sentido y de acuerdo a las observaciones se determinó que el 65% de las familias de maíz estudiadas tiene un diámetro de mazorca categorizado como medio; el 20% de las familias tienen mazorcas con un diámetro categorizado como pequeño, el 13% de mazorcas con un diámetro categorizado como grande y finalmente un 3% de familias con mazorcas de diámetro muy grande.

GRÁFICO 17: DIÁMETRO DE LA MAZORCA

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO 18: PORCENTAJE DEL DIÁMETRO DE LA MAZORCA

Fuente: Elaboración propia

Según lo que observa en la gráfica N°17 y N°18 es que el mayor número de familias de maíz waltaco tiene un diámetro de mazorca categorizado como medio según (Villalobos et al,2024), teniendo un porcentaje del 65%. En los mismos gráficos se

observa también que solamente que hay 8 familias con un diámetro de mazorca categorizado como pequeño, 5 familias con un diámetro categorizado como grande y finalmente una familia de maíz categorizada con un diámetro de muy grande.

El diámetro de la mazorca es una característica morfológica fundamental en el maíz, ya que incide directamente en la capacidad de llenado de granos y, por tanto, en el rendimiento final por unidad de superficie. Según los resultados presentados en la Tabla 14, se observa que el 65% de las familias evaluadas se agruparon en la categoría media, con diámetros entre 5,28 cm y 5,88 cm. El 20% de las familias se encuentran en la categoría pequeña, y solo el 3% mostró un diámetro muy grande ($>6,18$ cm). La presencia de familias como F-250 en esta última categoría es particularmente interesante desde el punto de vista agronómico, ya que, como indica (Guamán, 2020), mazorcas con diámetros mayores tienden a tener mayor número de hileras y mayor peso de grano por unidad de mazorca, lo cual puede impactar positivamente en el rendimiento total del cultivo. Cabe destacar que ninguna familia se clasificó en la categoría de diámetro muy pequeño ($\leq 4,98$ cm). Asimismo, trabajos como el de (Ocampo et al, 2023), en maíces criollos mexicanos, encontraron una fuerte correlación entre el diámetro de mazorca y el número de granos por hilera ($r = 0,75$), lo que refuerza la importancia de este carácter como indicador indirecto de productividad. En este contexto, las familias F-250, F-285, F-54, F-185, F-264, F-284 podrían considerarse como materiales promisorios para programas de selección y conservación genética, especialmente en zonas afectadas por enfermedades como la pudrición de mazorca, ya que un mayor grosor puede favorecer una cobertura más compacta y reducir la entrada de patógenos.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONE

CONCLUSIONES

1. En la evaluación de la incidencia y severidad de la pudrición de mazorca entre las familias de maíz waltaco, mediante el análisis de chi-cuadrado se rechazó la hipótesis nula, indicando con esto que si hay diferencia de tolerancia a la pudrición de mazorca entre familias.
2. Se logró seleccionar once familias de maíz waltaco con tolerancia o resistencia a la pudrición de mazorca, utilizando como criterios de selección los menores niveles de incidencia e índices de severidad donde las familias F-207 y F-268 presentaron baja incidencia ($\leq 15\%$) y severidad resistente ($\leq 10\%$), siendo consideradas como las más destacadas. Asimismo, las familias F-216, F-182 y F-121 mostraron incidencia intermedia (15-30%) y severidad resistente, por lo cual también fueron seleccionadas. Otras seis familias (F-248, F-173, F-29, F-290, F-88 y F-90) que mostraron niveles de severidad tolerante ($\leq 20\%$), y aunque algunas presentaron incidencias altas como (F-248, F-29, F-88), su menor expresión de daño permite considerarlas como familias de maíz tolerantes a la pudrición de mazorca.
3. Se determinó que las familias más resistentes y tolerantes a la pudrición de mazorca presentan características agronómicas distintas en las 11 familias ya que las familias (F-182, F-121, F-29) son de floración intermedia, mientras que las familias (F-207, F-248, F-268, F-173, F-290, F-90), son de floración tardía y las familias (F-216, F-88) tuvieron una floración precoz.
4. En altura de planta se determinó que las familias (F-268, F-29) tienen una altura categorizada como alta; mientras que la (F-207, F-216, F-121, F-248, F-173, F-290, F-88, F-90) tienen una altura determinada como media y la familia (F-182) esta categorizada como baja, en la altura de la mazorca las familias consideradas como resistentes y tolerantes también tuvieron diferentes alturas como ser las familias (F-207, F-268, F-90) se categorizaron como mazorcas altas, (F-216, F-182, F-248, F-173, F-29, F-290, F-88) como mazorcas de altura media y la familia (F-121), categorizada como baja.

5. Se determinó que las familias con porcentaje de daño menor al 10 y 20% tienen una buena cobertura de mazorca indicando con esto que una buena cobertura de mazorca es sumamente importante porque influye directamente en la protección del grano contra la pudrición, plagas y condiciones climáticas adversas.
6. La longitud de las familia seleccionas como resistentes se encuentran categorizadas como largas, medias y cortas donde las familias (F-216, F-248, F-173, F-290, F-88 y F-90) son categorizadas como medias, (F-268, F-121, F-29) que se encuentran en la categoría de mazorcas de longitud larga y las familias de categorización corta están (F-207 y F-182). En el diámetro de las familias se encuentra entre medio y pequeño don las familias (F-207, F-268, F-216, F-182, F-121, F-248, F-173, F-290, F-88) son de diámetro medio y las familias (F-29 y F-90) tienen un diámetro pequeño, considerando de esta manera que estas familias tienen el mejor comportamiento y son las seleccionas como material básico para obtener material con resistencia a *Fusarium* spp.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda fomentar el uso de las familias F-207 y F-268, clasificadas como resistentes, y las familias F-216, F-182, F-121, F-248, F-173, F-29, F-290, F-88 y F-90, consideradas tolerantes, en los sistemas de producción local y para futuras investigaciones. Esto permitirá reducir las pérdidas causadas por la pudrición de mazorca sin recurrir a productos químicos y obtener mejores resultados.
2. Se sugiere utilizar las familias resistentes y tolerantes como base genética para cruzamientos en programas de mejoramiento, con el fin de obtener nuevas generaciones con mayor resistencia a la enfermedad y buenas características agronómicas.
3. Se recomienda establecer sistemas de monitoreo y seguimiento en campo para detectar tempranamente la incidencia y severidad de la pudrición de mazorca, especialmente en las familias susceptibles para poder controlar la enfermedad y evitar más pérdidas por pudrición de mazorca.
4. Se aconseja realizar estudios adicionales que identifiquen con precisión los agentes causales de la pudrición de mazorca en la comunidad de Jarcas, para tener un manejo más específico y eficaz de la enfermedad.
5. Para confirmar la tolerancia o resistencia que tienen las diferentes familias, se recomienda realizar ensayos multifocales en otras comunidades, considerando distintos ambientes y condiciones de manejo.
6. Se sugiere implementar programas de capacitación para los agricultores sobre la identificación temprana de síntomas, selección de materiales tolerantes, cruzamientos de estos materiales y prácticas culturales que reduzcan el nivel de daño de la enfermedad.