

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“COMPORTAMIENTO DE 15 FAMILIAS DE MEDIOS HERMANOS
DE MAÍZ AMARILLO DURO (*Zea mays* L.) EN CONDICIONES DE
PUCALLPA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

CRISTIAN EDUARDO ROMERO VARGAS

LIMA – PERÚ

2020

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“COMPORTAMIENTO DE 15 FAMILIAS DE MEDIOS HERMANOS
DE MAÍZ AMARILLO DURO (*Zea mays* L.) EN CONDICIONES
DE PUCALLPA”**

CRISTIAN EDUARDO ROMERO VARGAS

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

.....
Dr. Julio César Alegre Orihuela
PRESIDENTE

.....
Ing. Mg. Sc. Elías Hugo Huanuqueño Coca
ASESOR

.....
Ing. Mg. Sc. Jorge Luis Tejada Soracruz
MIEMBRO

.....
Dr. Raúl Humberto Blas Sevillano
MIEMBRO

LIMA - PERÚ

2020

DEDICATORIA

*A mi madre, Jesús Vargas de Romero y a mi padre,
Alfonso Romero Bermúdez, por su amor incondicional y
Apoyo infinito durante toda mi etapa de estudio.*

*A mis hermanos, José Luis Romero Vargas por el apoyo y
Compresión en mi etapa universitaria, a Karina Romero
Vargas por sus mensajes a nunca desistir y a mi hermano
Carlos Romero Vargas por sus palabras de aliento.*

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Origen del maíz.....	4
2.2 Evolución del maíz	4
2.3 Difusión del maíz.....	5
2.4 Importancia del maíz.....	5
2.5 Taxonomía del maíz.....	6
2.6 Morfología del maíz.....	6
2.6.1 Morfología de la raíz	6
2.6.2 Morfología del tallo	7
2.6.3 Morfología de las hojas	7
2.6.4 Inflorescencia masculina y femenina	7
2.7 Fenología del maíz.....	8
2.7.1 Estadios vegetativos	9
2.7.2 Estadios reproductivos y desarrollo del grano.....	12
2.8 Fisiología del maíz.....	15
2.9 Tipos de maíz.....	16

2.10	Maíz amarillo duro.....	17
2.11	Importancia del maíz amarillo duro.....	17
2.12	Características del suelo para su producción.....	18
2.13	Condiciones climáticas para la producción.....	18
2.14	Características morfológicas que afectan el rendimiento de maíz.....	18
2.14.1	Caracteres vegetativos.....	18
2.14.2	Caracteres reproductivos.....	20
2.15	Producción y rendimiento nacional de maíz amarillo duro.....	21
2.16	Maíz híbrido.....	22
2.17	Maíz híbrido simple.....	22
2.18	Heterosis.....	22
III.	METODOLOGÍA.....	24
3.1	Área experimental.....	24
3.1.1	Ubicación geográfica.....	24
3.1.2	Características del suelo.....	25
3.1.3	Características climatológicas.....	25
3.2	Materiales.....	26
3.2.1	Material genético.....	26
3.2.2	Materiales de campo.....	28

3.2.3	Materiales de laboratorio	29
3.2.4	Material informático	29
3.3	Metodología	29
3.3.1	Siembra.....	29
3.3.2	Control de malezas	29
3.3.3	Fertilización.....	30
3.3.4	Cosecha.....	30
3.4	Detalles de la parcela experimental	30
3.5	Distribución en campo	31
3.6	Caracteres morfológicos evaluados	32
3.6.1	Antes de la cosecha.....	32
3.6.2	Después de la cosecha	33
3.6.3	En gabinete	33
3.7	Procesamiento de datos.....	34
3.8	Diseño experimental	35
3.8.1	Modelo aditivo lineal.....	35
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1	Del comportamiento de 15 familias de medios hermanos de maíz amarillo duro....	36
4.2	De la identificación de familias promisorias	61

V.	CONCLUSIONES	65
VI.	RECOMENDACIONES	66
VII.	BIBLIOGRAFÍA	67
VIII.	ANEXOS	73

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Estadios vegetativos y reproductivos de una planta de maíz	8
Tabla 2: Área sembrada con varios tipos de maíz en los trópicos.....	17
Tabla 3: Datos climatológicos del área experimental.....	26
Tabla 4: Randomización del material experimental	27
Tabla 5: Características agronómicas Dekalb-399	28
Tabla 6: Características de la parcela experimental	31
Tabla 7: Análisis de varianza de rendimiento de grano, peso de 1000 granos, granos por mazorca, porcentaje de desgrane y prolificidad	37
Tabla 8: Promedios de rendimiento de grano (kg/ha), peso de 1000 granos (g), granos por mazorca, porcentaje de desgrane (%) y prolificidad	38
Tabla 9: Análisis de varianza de porcentaje de emergencia y número de hojas a los 7 días después de la siembra (7dds), floración masculina (dds) y floración femenina (dds).....	44
Tabla 10: Promedios de porcentaje de emergencia y número de hojas a los 7 días después de la siembra (7 dds), floración masculina (dds) y floración femenina (dds)	44
Tabla 11: Análisis de varianza de altura de planta, altura de mazorca, diámetro de tallo y porcentaje de raíces adventicias	49
Tabla 12: Promedios de altura de planta, altura de mazorca, diámetro de tallo y porcentaje de raíces adventicias	50
Tabla 13: Análisis de varianza de longitud de mazorca, diámetro de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera, peso de coronta y peso de granos por mazorca.....	54

Tabla 14: Promedios de longitud de mazorca, diámetro de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera, peso de coronta y peso de grano por mazorca.....	55
Tabla 15: Asignación de valores a los genotipos de acuerdo a la respuesta de 7 características evaluadas.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Principales departamentos productores de maíz amarillo duro (2017).....	21
Figura 2: Ubicación geográfica del lugar de investigación. Fuente: Google Maps	24
Figura 3: Distribución de los genotipos en campo post aleatorización	32
Figura 4: Diagrama de cajas para rendimiento de grano	36
Figura 5: Prueba de comparación de medias para rendimiento de grano de 16 genotipos de maíz amarillo duro.....	39
Figura 6: Prueba de comparación de medias para peso de 1000 granos de 16 genotipos de maíz amarillo duro.....	40
Figura 7: Prueba de comparación de medias para granos por mazorca de 16 genotipos de maíz amarillo duro.....	41
Figura 8: Prueba de comparación de medias para porcentaje de desgrane de 16 genotipos de maíz amarillo duro	42
Figura 9: Prueba de comparación de medias para prolificidad de 16 genotipos de maíz amarillo duro.....	43
Figura 10: Prueba de comparación de medias para porcentaje de emergencia de 16 genotipos de maíz amarillo duro	45
Figura 11: Prueba de comparación de medias para número de hojas a los 7 dds de 16 genotipos de maíz amarillo duro	46
Figura 12: Prueba de comparación de medias para floración masculina (dds) de 16 genotipos de maíz amarillo duro	47

Figura 13: Prueba de comparación de medias para floración femenina (dds) de 16 genotipos de maíz amarillo duro	48
Figura 14: Prueba de comparación de medias para altura de planta de 16 genotipos de maíz amarillo duro.....	51
Figura 15: Prueba de comparación de medias para altura de mazorca de 16 genotipos de maíz amarillo duro.....	52
Figura 16: Prueba de comparación de medias para diámetro de tallo de 16 genotipos de maíz amarillo duro.....	53
Figura 17: Prueba de comparación de medias para porcentaje de raíces adventicias de 16 genotipos de maíz amarillo duro	54
Figura 18: Prueba de comparación de medias para longitud de mazorca de 16 genotipos de maíz amarillo duro.....	56
Figura 19: Prueba de comparación de medias para diámetro de mazorca de 16 genotipos de maíz amarillo duro.....	57
Figura 20: Prueba de comparación de medias para hileras por mazorca de 16 genotipos de maíz amarillo duro.....	58
Figura 21: Prueba de comparación de medias para granos por hilera de 16 genotipos de maíz amarillo duro.....	59
Figura 22: Prueba de comparación de medias para peso de coronta de 16 genotipos de maíz amarillo duro.....	60
Figura 23: Prueba de comparación de medias para peso de grano por mazorca de 16 genotipos de maíz amarillo duro	61

Figura 24: Identificación de familias de medios hermanos promisorias de maíz amarillo

duro..... 62

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1: Análisis físico-químico del suelo.....	73
Anexo 2: Registros meteorológicos de la estación “Las palmeras de Ucayali” (SENAMHI)	74
Anexo 3: Sobres conteniendo las semillas antes de la asignación a las parcelas	78
Anexo 4: Instalación del experimento (Fecha: 23-02-2019).....	79
Anexo 5: Plántulas de maíz a los 25 días después de la siembra	79
Anexo 6: Primera fertilización edáfica.....	80
Anexo 7: Monitoreo visual del campo (65 dds)	80
Anexo 8: Control manual de malezas.....	81
Anexo 9: Campo de maíz post desmalezado	81
Anexo 10: Iniciación de la floración masculina del maíz	82
Anexo 11: Iniciación de la floración femenina del maíz.....	82
Anexo 12: Formación de la mazorca de maíz	83
Anexo 13: Llenado de grano de la mazorca de maíz.....	83
Anexo 14: Evaluación de características morfológicas del maíz	84
Anexo 15: Mazorcas en etapa fisiológica de cosecha	84
Anexo 16: Evaluación en gabinete del producto cosechado	85
Anexo 17: Perforaciones en tallo de maíz hechas por <i>Diatraea saccharalis</i>	85
Anexo 18: Daño severo en tallo de maíz ocasionado por <i>Diatraea saccharalis</i>	86
Anexo 19: Registro de evaluaciones en campo de <i>Diatraea saccharalis</i>	87

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el comportamiento de quince familias de medios hermanos (genotipos) obtenidas de una población nativa de maíz amarillo duro de la selva peruana denominada “Corontillo” y seleccionar familias promisorias para las condiciones en las que se desarrolló el estudio. El ensayo se condujo bajo el diseño de bloques completos al azar (DBCA), con 15 genotipos, un testigo y tres repeticiones.

Como variables respuestas, se analizaron 19 características en total. El rendimiento de grano promedio obtenido en el experimento fue de 2161.57 kg/ha inferior al reportado para la región de Ucayali que fue de 2441 kg/ha para el año 2017. Sin embargo, los genotipos 2 y 6, obtuvieron un rendimiento promedio 2804.33 kg/ha y 2507.50 kg/ha, respectivamente, superando al promedio producido en dicha región. Once de los genotipos utilizados para el estudio superaron al testigo y obtuvieron valores superiores a 86 por ciento de porcentaje de desgrane, lo cual es una característica muy deseable para este cultivo. El genotipo 10 obtuvo el mejor índice de prolificidad con un valor de 1.160, superando incluso al tratamiento testigo. Dentro de las tres características anteriormente mencionadas y las dieciséis restantes se realizó un diagrama radial el cual permitió categorizarlos por medio de puntuaciones ya que de esa manera se pudo clasificar y seleccionar los que obtuvieron mejor respuesta a las evaluaciones realizadas. Por consiguiente, aplicando una presión de selección del 20 por ciento los tres genotipos seleccionados fueron los genotipos 6, 2 y 5, los cuales obtuvieron las mejores puntuaciones y fueron seleccionados como las futuras familias de medios hermanos promisorias de esta investigación.

Palabras claves: Genotipos, rendimiento de grano, líneas promisorias, maíz para selva, *Diatraea saccharalis*.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the conduct of fifteen families of half brothers (genotypes) obtained from a native hard yellow maize population from the peruvian jungle denominated "Corontillo" and select families that can adapt to the conditions from the research site. The essay was conduct under a randomized complete block design (RCBD), with 15 genotypes, a control and 3 repetitions.

As responses variables, 19 characteristics were analyzed in total. The average grain yield obtained in the essay was 2161.57 kg/ha, wich is lowers tan reported in Ucayali that was 2441 kg/ha in 2017. However, the genotypes 2 and 6, obtained a average yield of 2804.33 kg/ha and 2507.50 kg/ha respectively, surpassing to the average yield from that region. Eleven genotypes used to the research surpassing the control and obtained higher values than to 86 percent of percentage of thresh, it is a desirable characteristic for this crop. The genotype 10 obtained the best prolificity index with a value of 1.160, surpassing even the control treatment. Whitin the 3 characteristics previously mentioned and the other sixteen, a radial diagram was made, wich allowed categorized them for puntuations and could classify and select the best in the evaluations. Therefore, by applying a selection pressure of 20 percent, the three genotypes selected were genotypes 6, 2 and 5, which obtained the best scores and were selected as the future families of promising siblings of this research.

Keywords: Genotypes, grain yield, promising lines, maize for the jungle, *Diatraea saccharalis*.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el maíz ha demostrado ser uno de los cultivos más importantes. El maíz en general es el único cereal importante nativo del hemisferio occidental; mundialmente este cereal representa 5.4 por ciento del total de las fuentes alimenticias de la población humana y ocupa el tercer lugar después del trigo y del arroz, con una producción de 1146.5 millones de toneladas métricas en 2017 (FAOSTAT, 2019; Gonzales, 1995). En la actualidad el maíz se encuentra en segundo lugar luego del trigo, y en tercer lugar está el arroz; es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea y es el segundo, después del trigo, en producción total (Paliwal *et al.*, 2001). La producción nacional en el año 2017 fue 1 249 600 toneladas MINAGRI (2017).

El Fitomejoramiento es la actividad que ha permitido mejorar los cultivos en el pasado y con el maíz híbrido, está llevando a otros niveles en el presente. El maíz, siendo un alimento de gran importancia a nivel mundial, las constantes investigaciones buscan obtener una mejor producción; el mejoramiento se ha dado desde nuestros antepasados cuando ellos seleccionaban las mejores plantas para su cultivo. Actualmente, el crecimiento de la población se ha ido acelerando (Borém *et al.*, 2008). Como una alternativa a esto, las empresas buscan seguir mejorando las plantas para poder obtener de ellas un mayor rendimiento y por ende una mejor producción, y de esa manera poder abastecer el requerimiento alimenticio de la sociedad. Es por ello que se han hecho múltiples esfuerzos para mejorar el aprovechamiento biológico de sus nutrientes (FAO, 1993). El desarrollo de maíz híbrido es indudablemente una de las más refinadas y productivas innovaciones en el ámbito del Fito mejoramiento (Paliwal *et al.*, 2001). Estas innovaciones mejoran sus características generando una mejor rentabilidad en su producción, es por ello que la importancia de las investigaciones en esta área es una de las principales.

El maíz es uno de los cultivos más importantes en el Perú y se siembra en todos los departamentos. El Perú cuenta con una amplia variedad de tipos de maíz, habiéndose utilizado en un principio los maíces amiláceos para la alimentación humana y los maíces amarillos duros como forraje; principalmente en la costa central. En la costa y selva los más importantes son los del tipo amarillo, duros y semiduros, que se destinan mayormente a la

elaboración de alimentos balanceados para aves y porcinos; y la obtención de derivados (Salhuana,2004). En el Perú su demanda excede la oferta nacional, lo cual obliga a importar entre el 60 a 65 por ciento del requerimiento total, esto según el Instituto Nacional de Innovación Agraria. Esta baja producción se da en mayor parte por los pequeños agricultores, quienes no cuentan con el apoyo del estado, ya que no tienen facilidades para acceder a préstamos ni a una adecuada información; además, no cuentan con variedades mejoradas adaptadas a las condiciones locales de cultivo.

Cada cierto tiempo diversas entidades lanzan una nueva semilla mejorada; sin embargo, también surgen ciertos inconvenientes con su utilización. Huamachumo (2013), mediante un estudio que realizó a nivel nacional, menciona ciertos factores asociados al uso de estas nuevas variedades; el primero, la desconfianza de los productores hacia las semillas comerciales generada por algunos comerciantes que la adulteran así como por las expectativas no cubiertas respecto a los resultados ofrecidos en el etiquetado que no siempre coinciden con los niveles logrados; en segundo lugar se encuentra el elevado precio de las semillas importadas, donde un saco de 60 mil semillas estaría entre 165 y 215 dólares y el saco de semilla nacional contiene 75 mil semillas con un precio de aproximadamente 140 dólares. Sin embargo, los fundos y agricultores que tienen acceso a dichos productos optan por adquirir en mayor porcentaje el producto importado, es así que el 61 por ciento de la demanda está cubierto con semilla común o grano, el 31 por ciento con semilla importada y solo el 9 por ciento con semilla nacional certificada. En el año 2012 la semilla importada alcanzo los 15.7 millones de dólares. Zegarra (2014), menciona que una de las empresas de la cual adquieren semillas es la compañía Farmex, su producto tiene un rendimiento entre 13000 y 16725 kg/ha; mientras que a nivel nacional la variedad INIA – 619 tiene un rendimiento de 14000 kg/ha (INIA, 2012). Entonces, un factor importante al momento de adquirir la semilla es el rendimiento de dicha variedad.

A pesar de que en los últimos 20 años la producción nacional de MAD (maíz amarillo duro) ha crecido a una tasa promedio anual superior (5.46 por ciento), llegando a producir 1,262 miles de toneladas en el año 2011, no se ha cubierto la demanda interna, por lo que se realiza importaciones de dicho insumo para la elaboración de alimentos balanceados entre el 60 y 65 por ciento del requerimiento total. Una de las causas del porque no se satisface la demanda interna es el bajo rendimiento de las variedades no mejoradas que usa el agricultor.

El Programa de Investigación y Proyección Social en Maíz (antes Programa Cooperativo de Investigación en Maíz, PCIM) de la UNALM, ha desarrollado híbridos dobles de maíz amarillo adaptados a condiciones de costa; sin embargo, las áreas más grandes disponibles para el cultivo de maíz se encuentran en la selva y no se han generado variedades mejoradas para estas condiciones. Es por eso que el presente trabajo de tesis tiene como finalidad realizar una investigación orientada a la selección de genotipos con buena respuesta a condiciones de selva; las familias de medios hermanos seleccionados podrían ser utilizados para obtener híbridos simples que superen el rendimiento de las variedades locales y de esta manera mejorar el ingreso económico de los productores de maíz de la selva peruana.

Los objetivos para esta investigación son:

Objetivo General:

- Seleccionar genotipos promisorios de maíz amarillo duro para condiciones de selva.

Objetivos Específicos:

- Evaluar el comportamiento de 15 familias de medios hermanos de maíz amarillo duro.
- Identificar familias promisorias que muestren buen rendimiento de grano.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen del maíz

Aunque se ha dicho y escrito mucho acerca del origen del maíz, todavía hay discrepancias respecto a los detalles de su origen. Generalmente se considera que el maíz fue una de las primeras plantas cultivadas por los agricultores hace entre 7 000 y 10 000 años. La evidencia más antigua del maíz como alimento humano proviene de algunos lugares arqueológicos en México donde algunas pequeñas mazorcas de maíz estimadas en más de 5 000 años de antigüedad fueron encontradas en cuevas de los habitantes primitivos (Wilkes, 1979; 1985).

2.2 Evolución del maíz

Existen actualmente diversas teorías sobre el origen del maíz, sin embargo, la más aceptada es por el origen del teosinte. Según Longley (1941), el maíz deriva del teosinte a través de mutaciones y por selección natural. Beadle (1939; 1978; 1980) también indica que pudo ser obtenido por los primeros agricultores fitomejoradores. De este modo es generalmente aceptado el hecho de que el teosinte es el antecesor silvestre y/o allegado al maíz y que ha participado directamente en el origen del maíz cultivado.

Doebley y Stec (1991; 1993), mencionan que los granos de teosinte están encastrados en frutos de envolturas rígidas. Los componentes de esas envolturas rígidas también están presentes en el maíz, pero su desarrollo está alterado de modo tal que los granos no están encastrados como en el teosinte, sino que están expuestos en la mazorca. Doebley *et al.* (1990) y Dorweiler *et al.* (1993) han identificado, descrito y mapeado genéticamente un *locus* de características cuantitativas (QTL), el *tga 1* (arquitectura de gluma teosinte 1) el cual controla esta diferencia fundamental entre maíz y teosinte. Cuando este QTL de maíz, el *tga 1*, fue transferido al teosinte, su grano no fue retenido fuertemente dentro de la cúpula y quedó parcialmente expuesto. En el experimento contrario, cuando el QTL de teosinte fue transferido al maíz, la gluma se endureció y desarrolló características similares a las del teosinte. Este descubrimiento del *tga 1* explica uno de los posibles pasos de la transformación del teosinte en maíz. Esto también ilustra el hecho de que la evolución de

una nueva adaptación puede ser gobernada por un *locus* simple y que esa evolución puede ocurrir en relativamente pocas etapas amplias (Orr y Coyne, 1992).

2.3 Difusión del maíz

La difusión del maíz a partir de su centro de origen en México a varias partes del mundo ha sido tan notable y rápida como su evolución a planta cultivada y productora de alimentos. Los habitantes de varias tribus indígenas de América Central y México llevaron esta planta a otras regiones de América Latina, al Caribe y después a Estados Unidos de América y Canadá. Los exploradores europeos llevaron el maíz a Europa y posteriormente los comerciantes lo llevaron a Asia y África (Paliwal *et al.*, 2001).

Se considera que alrededor del año 1000 DC la planta de maíz comenzó a ser desarrollada por agricultores mejoradores siguiendo un proceso de selección en el cual conservaban las semillas de las mazorcas más deseables para sembrar en la próxima estación (Listman y Estrada, 1992).

2.4 Importancia del maíz

Paliwal *et al.* (2001), menciona que el maíz tiene diversos usos; es el único cereal que puede ser usado como alimento en distintas etapas del desarrollo de la planta. Las espigas jóvenes del maíz cosechado antes de la floración de la planta son usadas como hortaliza. La planta de maíz, que está aún verde cuando se cosechan las mazorcas verdes, proporciona un buen forraje. Este aspecto es importante ya que la presión de la limitación de las tierras aumenta y son necesarios modelos de producción que produzcan más alimentos para una población que crece continuamente.

Además, es previsible que la demanda de maíz como alimento tanto humano como animal crezca en las próximas décadas, incluso a tasas mayores que el trigo o el arroz. Byerlee y Saad (1993) han hecho proyecciones en las que la tasa de incremento de la demanda de maíz durante el período 1990-2005 se estima en 4,1 por ciento al año en los países en desarrollo, comparado con una tasa global de 2,6 por ciento al año.

Según la FAO (1993) globalmente, el maíz se cultiva en más de 140 millones de hectáreas con una producción anual de más de 580 millones de toneladas métricas. El maíz tropical se cultiva en 66 países y es de importancia económica en 61 de ellos, cada uno de los cuales

siembra más de 50 000 hectáreas con un total de cerca de 61,5 millones de hectáreas y una producción anual de 111 millones de toneladas métricas (Paliwal *et al.*, 2001).

2.5 Taxonomía del maíz

Reino	:	Vegetal
División	:	Espermatofitas o Fanerógamas
Subdivisión	:	Angiosperma
Clase	:	Monocotiledoneae
Subclase	:	Glumiflorae
Orden	:	Poales
Familia	:	Poaceas o Gramíneas
Tribu	:	Maydeae
Genero	:	<i>Zea</i>
Especie	:	<i>Zea mays</i> L.

Fuente: Revelo, 2006

2.6 Morfología del maíz

2.6.1 Morfología de la raíz

El desarrollo del sistema radical, consiste de dos sistemas de raíces: raíces seminales cuyo origen está presente en el embrión y raíces adventicias que se originan del tallo después de la germinación. Estos sistemas radicales son llamados temporario y permanente respectivamente (Kiesselbach, 1949).

El sistema radicular se origina en la radícula del embrión, a partir del punto de crecimiento del hipocotilo. A los pocos días queda formado el sistema radicular, formado por tres pequeñas raíces seminales, conjuntamente con la radícula. Luego de la salida del coleóptilo por alargamiento del mesocotilo a los ocho días se inicia el desarrollo de los primordios radicales adventicias, en forma de coronas radicales que constituirán el sistema radicular fibroso definitivo, eliminando el sistema radicular seminal inicial (Manrique, 1997).

En una raíz principal, joven, se encuentran formados la epidermis, los pelos absorbentes, la corteza y los haces vasculares. Las raíces secundarias nacen alejadas de la punta de la raíz,

en la zona de diferenciación, donde los tejidos están bien definidos (Manrique, 1997). La misión es aportar un perfecto anclaje a la planta (Maroto, 1998).

2.6.2 Morfología del tallo

El tallo es simple, erecto en forma de caña y macizo en su interior (Maroto, 1998). Presenta la forma de un pequeño cilindro piramidal terminado en punta, este pequeño tallo está formado por nudos y entrenudos muy comprimidos, terminado en la panoja embrional. Luego de la emergencia, el tallo comienza a alargarse rápidamente, iniciándose el periodo de crecimiento, formando una estructura longitudinal y cilíndrica muy frágil con 20 a 25 nudos, entrenudos y sus correspondientes hojas, yemas axilares y la panoja perfectamente formada. El máximo desarrollo vegetativo de la planta se alcanza cuando la panoja ha emergido completamente y se ha iniciado la antesis. En esta etapa el tallo del maíz está formado por tres partes: epidermis, el tejido parenquimático y los haces vasculares (Manrique, 1997).

2.6.3 Morfología de las hojas

Las hojas, generalmente, son largas y angostas, envainadoras, formadas por la vaina y el limbo, con nervaduras lineales y paralelas a la nervadura central. El crecimiento de la hoja se realiza en la punta, quedando siempre la parte más vieja en la base. En la vaina, el crecimiento se efectúa en la parte superior. En el interior de las hojas solo hay parénquima esponjoso y los haces vasculares. En las hojas, las estomas se encuentran colocados en hileras paralelas a las nervaduras y están formados por dos células estomales (Manrique, 1997).

2.6.4 Inflorescencia masculina y femenina

El maíz es una planta monoica, con flores unisexuales en la misma planta, las masculinas o estaminadas agrupadas en una inflorescencia denominada panoja o penacho y las femeninas o pistiladas agrupadas en una espiga modificada llamada mazorca. La panoja se encuentra localizada en la parte terminal del tallo, presenta ramas primarias, secundarias y terciarias. En estas ramas se asientan las espiguetas formadas por pares de espiguillas, que siguen un arreglo dístico o simple espiral. Cada espiguilla es biflora, formado por dos flores masculinas o estaminadas cada una de ellas presenta un pistilo rudimentario y tres estambres; y cada estambre tiene dos anteras que producen abundante polen (Manrique, 1997).

La inflorescencia femenina está constituida por una espiga modificada, la cual está situada en la axila de la hoja, en la parte superior del nudo localizado en la parte media del tallo (Manrique, 1997). Consiste de un eje denominado tusa o coronta, sobre la cual los pares de espiguillas son ordenados por pares. Como cada espiguilla da lugar a un grano y las espiguillas se originan por pares, el número de hileras de grano de la mazorca es par. Cada espiguilla está unida al marlo o tusa por un pedicelo muy corto denominado raquilla. El número de hileras de grano de la mazorca está determinado, principalmente, por factores hereditarios. El ambiente no modifica esta característica (Sevilla, 1991).

2.7 Fenología del maíz

El desarrollo del cultivo consiste en una sucesión obligatoria de etapas o fases dadas en un orden riguroso e irreversible, correspondiendo a la iniciación de órganos nuevos, es un fenómeno puramente cualitativo. Llamamos ciclo de desarrollo al conjunto de fases que van desde la germinación de la semilla hasta la floración y formación del fruto. Este ciclo comprende dos etapas bien definidas: desarrollo vegetativo y desarrollo reproductivo. El sistema para clasificación de etapas o estadios utilizado por la Universidad de Iowa (Iowa State University of Science and Technology) que se presenta a continuación divide al desarrollo de la planta en vegetativo y reproductivo. Las subdivisiones del estadio vegetativo (V) son designadas como V1 hasta V(n), siendo (n) la última hoja antes del panojamiento (VT) para el cultivar considerado (Ritchie *et al*, 1986).

Tabla 1: Estadios vegetativos y reproductivos de una planta de maíz

Estadios Vegetativos	Estadios Reproductivos
VE – Emergencia	R1 – Barbas
V1 – Primera hoja	R2 – Ampolla
V2 – Segunda hoja	R3 – Lechoso
V3 – Tercera hoja	R4 – Pastoso
V4 – Cuarta hoja	R5 – Dentado
V5 – Quinta hoja	R6 – Madurez fisiológica
V(n) – n hojas	
VT Panojamiento	

Fuente: (Ritchie *et al*, 1986).

2.7.1 Estadios vegetativos

Etapa de germinación y emergencia

Se entiende por germinación a la serie de procesos que incluyen desde la imbibición o absorción de agua por parte de la semilla, hasta emergencia de la radícula; y por emergencia, a la etapa desde que emerge la radícula hasta la aparición del coleóptilo sobre el suelo (Bewley y Black, 1994).

La semilla de maíz está recubierta por una capa externa que se llama pericarpio. La función de esta capa es proteger a la semilla, limitando o impidiendo la entrada de hongos o bacterias. Si el pericarpio resulta dañado, probablemente la germinación se torne más lenta, pues los patógenos pueden utilizar reservas de las semillas (Rojas y Casas, 1987).

Desarrollo del sistema radical

El sistema adventicio empieza a desarrollarse cerca de VE y las primeras raíces empiezan a elongarse a partir del primer nudo durante V1. Desde V1 hasta casi R3 (después de la cual hay un crecimiento radical limitado), se desarrollan raíces adventicias en cada nudo del tallo hasta un total de 7 a 10 nudos. Dado que la radícula y las raíces seminales laterales comienzan el crecimiento directamente de la semilla, la profundidad a la cual se desarrollan inicialmente dependerá de la profundidad de siembra. El crecimiento de estas raíces, sin embargo, decrece después de VE y es casi inexistente en el estado V3 (Ritchie *et al*, 1986).

Estadio V3

Según Fassio *et al.* (1998), aproximadamente a los ocho días posteriores a la emergencia la planta presenta dos hojas y a los doce días tres hojas. En V3 el ápice del tallo (punto de crecimiento) aún se encuentra por debajo de la superficie del suelo. En este momento se inician todas las hojas y espigas que la planta podría eventualmente producir.

La ocurrencia de granizo, viento o heladas que puedan dañar las hojas expuestas en V3 tiene un efecto pequeño o nulo sobre el punto de crecimiento (subterráneo) o el rendimiento final de grano.

Estadio V5

Según Fassio *et al.* (1998), el estadio de cuatro hojas en promedio, comienza a los 16 días posteriores a la emergencia, siendo V5 aproximadamente a los 20 días. Alrededor de V5, la formación de hojas y espigas estará completa y aparece en el extremo superior del tallo una

pequeña panoja de tamaño microscópico. El ápice del tallo está justo por debajo de la superficie del suelo y la planta tiene una altura total aproximada de 20 cm.

El punto de crecimiento subterráneo durante las etapas vegetativas tempranas es especialmente afectado por la temperatura del suelo. Una baja temperatura incrementará el tiempo entre los estadios vegetativos y el número total de hojas formadas, retrasará el desarrollo de la planta y reducirá la disponibilidad de nutrientes.

Cuando el punto de crecimiento está por debajo del nivel del suelo condiciones de anegamiento pueden matar a la planta en pocos días, especialmente si las temperaturas son altas (Ritchie *et al.*, 1986).

Estadio V6

En el estado V6 (en promedio, 24 días post emergencia) el punto de crecimiento sobresale de la superficie del suelo y el tallo comienza un período de rápida elongación. En este momento las raíces adventicias son el principal sistema funcional (Fassio *et al.*, 1998).

En este estadio, son visibles algunos macollos. Los macollos se forman generalmente en nudos por debajo de la superficie del suelo, pero no muestran un crecimiento avanzado. El grado de desarrollo de macollos variará en función del cultivar elegido, la densidad de siembra, la fertilidad y las condiciones ambientales (Ritchie *et al.*, 1986).

Estadio V9

Según Ritchie *et al.* (1986), el estadio V9 comienza promediamente a los 32 días posteriores a la emergencia. Durante dicho estadio, a partir de cada nudo aéreo se desarrolla una espiga potencial (con excepción de los 6 a 8 nudos por debajo de la panoja). Al principio cada una de ellas se desarrolla más rápidamente que la que se origina por encima de ella en el tallo. Sin embargo, el crecimiento de las espigas de la parte inferior del tallo se realiza gradualmente más despacio y sólo la primera o las dos primeras espigas superiores se desarrollarán en espigas productivas. Los cultivares que producen más de una espiga cosechable en el tallo principal se llaman prolíficos.

La panoja se desarrolla rápidamente y el tallo continúa una rápida elongación a través de la elongación de sus entrenudos. Cada entrenudo va a comenzar la elongación antes que el que se encuentra por encima de él en el tallo, en forma similar al desarrollo inicial de los primordios de espiga.

Estadio V10

Cerca de V10 (35 días en promedio, post emergencia) la planta comienza un rápido incremento en la acumulación de materia seca que continuará hasta la etapa reproductiva avanzada. Se requieren altas cantidades de nutrientes y agua del suelo para cumplir con la demanda (Fassio *et al.*, 1998).

Estadio V12

Ritchie *et al.* (1986) indica que el estadio V12 ocurre promediamente a los 48 días post emergencia. Aunque las espigas potenciales se forman justo antes de la formación de la panoja (V5), el número de hileras en cada espiga y el tamaño de la espiga se establecen en V12. No obstante, la determinación del número de óvulos (granos potenciales) no se completará hasta una semana antes de la emergencia de barbas o cerca de V17.

Deficiencias de agua o de nutrientes en esta etapa pueden reducir seriamente el número potencial de granos y el tamaño de la espiga cosechada. El potencial para estos dos componentes del rendimiento está también relacionado con la duración del período para su determinación, principalmente la duración desde el estadio V10 hasta el V17.

Estadio V15

La planta de maíz presenta en promedio, 14 hojas, 56 días después de la emergencia y 15 hojas a los 2 meses de la misma y está a 10 a 12 días de la etapa R1. Este estadio es el comienzo del período más importante en términos de determinación del rendimiento de grano. El crecimiento de las espigas superiores supera al de las inferiores y un nuevo estadio vegetativo ocurre cada 1-2 días. Empiezan a crecer las barbas de las espigas superiores (Ritchie *et al.*, 1986).

Estadio V17

En V17 las espigas superiores han crecido lo suficiente como para que sus extremos sean visibles y también puede ser visible el extremo superior de la panoja. En este estadio se completa la determinación del número de granos por hilera (Ritchie *et al.*, 1986).

Estadio V18

Según Fassio *et al.* (1998), las barbas de los óvulos basales se desarrollan antes que las de los superiores. El desarrollo de los órganos reproductivos toma de 8 a 9 días, esto se produce una semana antes de floración, el desarrollo de la espiga continúa rápidamente.

Cualquier deficiencia durante esta etapa retrasa el desarrollo de la espiga femenina y de los óvulos más que el de la panoja. El retraso en el desarrollo de las espigas provocará una desincronización entre el comienzo de la caída del polen y la emergencia de las barbas y por lo tanto problemas de fertilidad.

Estadio VT

VT se inicia aproximadamente 2-3 días antes de la emergencia de barbas, tiempo durante el cual la planta de maíz ha alcanzado su altura final y comienza la liberación del polen. El tiempo entre VT y R1 puede variar considerablemente en función del cultivar y de las condiciones ambientales (Ritchie *et al*, 1986).

2.7.2 Estadios reproductivos y desarrollo del grano

Los seis estadios reproductivos que se describen a continuación se refieren principalmente al desarrollo del grano y sus partes. La descripción de R2, R3 y R4, si bien, generalmente se aplica a todos los granos de la espiga, se basa en los que se poseionan en el medio de la misma. La descripción de los granos en R5 o R6 corresponde a todos los granos de la espiga (Fassio *et al.*, 1998).

En condiciones de campo, en cada planta la panoja libera el polen antes de que las barbas hayan emergido de la espiga, pero continúa liberándolo varios días después de que las barbas estén listas para ser polinizadas (en total una semana o más) (Kiesselbach, 1980).

Estadio R1 – Emergencia de barbas

La etapa R1 comienza cuando algunas barbas son visibles fuera de las vainas (chala), aproximadamente 66 días después de la emergencia. La polinización ocurre cuando los granos de polen se depositan sobre las barbas. Un grano de polen capturado requiere 24 horas para crecer dentro de la barba hasta el óvulo donde ocurre la fertilización y el óvulo es fecundado. Generalmente se necesitan entre 2 y 3 días para que todas las barbas de una espiga queden expuestas y sean polinizadas. Las barbas van a crecer 2.5-3.8 cm por día y continuarán elongándose hasta ser fertilizadas (Ritchie *et al*, 1986).

La barba suministra agua al polen y provoca su crecimiento. En este momento se determina el número de óvulos fertilizados. Cuando la punta del tubo polínico llega al micrópilo penetra entre las células del tejido nuclear hasta alcanzar el saco embrionario femenino. Cuando entra al saco embrionario, el tubo polínico se rompe liberando los dos espermatozoides. El núcleo de uno de los espermatozoides (n=10) se fusiona con el núcleo del óvulo (n=10)

formando el cigoto ($2n=20$) del maíz. El otro espermatozoide se fusiona con los dos núcleos polares estableciendo el endosperma primario de 30 cromosomas ($3n$). Este proceso es denominado doble fertilización (Kiesselbach, 1980).

Los óvulos que no son fertilizados no producirán granos. Condiciones ambientales adversas en este momento causan una pobre polinización (bajo número de granos), especialmente un estrés hídrico que tiende a desecar las barbas y el polen (Ritchie *et al.*, 1986).

Las mayores reducciones en rendimientos de grano resultarán por efecto de estrés hídrico entre 2 semanas antes y 2 semanas después de R1, (que en cualquier otro período de crecimiento). Esto también es cierto con otros tipos de estrés como deficiencias en nutrientes, altas temperaturas o granizo. Este período de 4 semanas alrededor del período de floración es el más importante para la aplicación de riego (Fassio *et al.*, 1998).

Estadio R2 – Ampolla

Según Ritchie *et al.* (1986), este estadio acontece aproximadamente de 10 a 14 días después de la emergencia de barbas. Aunque el embrión todavía se está desarrollando lentamente durante esta etapa, la radícula, el coleóptero y la primera hoja embrionaria ya se han formado. La mazorca está casi por alcanzar, o ya alcanzó, su tamaño completo. Las barbas, habiendo completado su función de floración, se oscurecen y comienzan a secarse. Los granos presentan cerca de 85 por ciento de humedad, porcentaje que irá descendiendo gradualmente hasta la cosecha.

Estadio R3 – Lechoso

Según Ritchie *et al.* (1986), este estadio se da de 18 a 22 días después de la emergencia de barbas. En R3 el grano es externamente de un color amarillo y el fluido interno es blanco lechoso debido a la acumulación de almidón. El embrión en esta etapa crece rápidamente.

Los granos presentan una rápida acumulación de materia seca y contiene aproximadamente 80 por ciento de humedad. En R3 las divisiones celulares del endosperma están esencialmente terminadas, por lo que el crecimiento es debido principalmente a la expansión celular y la acumulación de almidón en las células.

El rendimiento final depende del número de granos que se desarrolle y del tamaño final o peso de los granos. Aunque no tan severo como en R1, deficiencias en R3 pueden tener un efecto profundo en el rendimiento reduciendo ambos componentes de rendimiento. A

medida que el grano madura, la reducción de rendimiento potencial debido a la ocurrencia de algún estrés es menor.

Estadio R4 – Pastoso

Ocurre de 24 a 28 días después de la emergencia de barbas. La continua acumulación de almidón en el endosperma provoca que el fluido interno se transforme en una consistencia pastosa. Normalmente en esta etapa ya se han formado cuatro hojas embrionarias y el embrión ha crecido considerablemente en tamaño con respecto a la etapa R3. (Ritchie *et al*, 1986)

Estadio R5 – Dentado

Acontece entre 35 a 40 días después de la emergencia de barbas. Los granos se secan comenzando por la parte superior donde aparece una capa dura de almidón de color blanco. Condiciones adversas en esta etapa reducirán el rendimiento a través de una disminución del peso de los granos y no del número de granos. Una helada severa, temprana (antes de R6) en siembras tardías puede cortar la acumulación de materia seca y causar la formación prematura de punto negro. También puede causar reducción en el rendimiento retrasando las operaciones de cosecha, debido a que en los maíces dañados por heladas el grano se seca más lentamente (Ritchie *et al*, 1986).

Estadio R6 – Madurez fisiológica

Según Ritchie *et al*. (1986), el estadio R6 se define cuando todos los granos en la espiga han alcanzado su máximo peso seco o máxima acumulación de materia seca y se forma una absición marrón o negra en la zona de inserción del grano a la mazorca (punto negro o capa negra). Esta absición es un buen indicador de la máxima acumulación de materia seca (madurez fisiológica) y señala el final de crecimiento del grano.

El promedio de humedad de grano en R6 (formación del punto negro) es 30-35 por ciento, sin embargo, esto puede variar entre cultivares y condiciones ambientales. El grano aún no está pronto para un almacenamiento seguro, para lo cual se requiere 13-15 por ciento de humedad, cosechar en R6 o en seguida después, puede ser caro debido a los costos de secado, puede ser ventajoso dejar que el cultivo se seque parcialmente en el campo, dado que las pérdidas no son un problema.

2.8 Fisiología del maíz

Para Paliwal *et al.* (2001) la producción de los cultivos depende de la intercepción de la radiación solar y de su conversión en biomasa. La cantidad de radiación incidente que es interceptada por el cultivo está determinada por el área foliar, por la orientación de la hoja y por su duración. El índice del área foliar (LAI) es importante para determinar la intercepción de la radiación hasta un valor cercano a 4 en el caso del maíz; después de este valor, el área adicional tiene poco efecto en la intercepción de la luz. La densidad de siembra es un factor determinante del LAI y de la intercepción de la radiación. Los cultivares de ciclo corto producen menos hojas para interceptar la radiación y requieren una mayor densidad de plantas para llegar a un rendimiento óptimo comparados con los cultivares tardíos.

La cantidad total de radiación interceptada a lo largo de todo el período de cultivo depende del tiempo requerido para alcanzar la intercepción máxima (o LAI máxima, si el cultivo no cubre completamente la tierra) y también de la duración del área verde de la hoja. Los factores experimentales que reducen la expansión de la hoja son el déficit de agua y la baja disponibilidad de nutrimentos.

Factor agua:

La radiación diaria de onda corta en los trópicos varía de 10 Mj/m²/día en zonas nubosas a 25 Mj/m²/día en zonas semi-áridas durante la estación seca. (Norman, Pearson y Searle, 1995). Solo 3 por ciento de la radiación total que incide sobre el cultivo es usada para la fotosíntesis. Parte de la energía remanente calienta el follaje y este calor es disipado por medio de la transpiración y la evaporación de agua de las hojas. Un milímetro cúbico de agua es evaporado por 2,4 Mj de radiación solar. Un cultivo de maíz bien irrigado transpira cerca de 350 gramos de agua por cada gramo de materia seca producida sobre la tierra (Hay y Walker, 1989). En el campo hay pérdidas adicionales de agua por la evaporación del suelo. Solo una fracción de la materia seca producida forma el grano, lo que significa que un cultivo con buena disponibilidad de agua usa alrededor de 800 a 1 000 gramos de agua por cada gramo de grano producido (Paliwal *et al.*, 2001).

Factor Suelo:

Un cultivo de maíz que produce 4 000 kg/ha de grano requiere alrededor de 100 kg/ha de nitrógeno (N), 18 kg/ha de fósforo (P) y 68 kg/ha de potasio (K) (Sánchez, 1976).

Para Paliwal *et al.* (2001) el sistema radical del maíz es capaz de absorber nutrientes a través de toda la vida de la planta, pero la absorción declina durante la última parte del ciclo que corresponde al llenado del grano y a medida que comienza la senescencia de las hojas inferiores.

La respuesta en rendimiento del maíz a la fertilización nitrogenada es generalmente positiva y lineal hasta altas dosis cuando se lo compara a otros cultivos. El sistema radical del maíz no es ni relativamente simple ni altamente competitivo como el de las especies que tienen raíces más finas como los pastos.

La concentración de nitrógeno en las hojas del maíz tropical tiende a ser baja (1-4 por ciento; Pearson y Hall, 1984) comparado con los cereales C3 como el trigo. La eficiencia del uso del nitrógeno en la fotosíntesis es mayor en el maíz de modo que una comparativamente baja concentración intrínseca no limita la productividad relativa a otros cultivos (Sinclair y Horie, 1989); a niveles sub-óptimos de abastecimiento de nitrógeno la eficiencia de conversión es seriamente afectada.

La sensibilidad en la eficiencia de conversión de la radiación a la baja disponibilidad de nitrógeno es mayor que la sensibilidad del desarrollo del área de la hoja (Muchow y Sinclair, 1994).

2.9 Tipos de maíz

Para Paliwal *et al.* (2001), el maíz tiene una gran variabilidad en el color del grano, la textura, la composición y la apariencia y pueden ser clasificados en distintos tipos según:

- a) La constitución del endosperma y del grano
- b) El color del grano
- c) El ambiente en que es cultivado
- d) La madurez
- e) Su uso

Los tipos de maíz más importantes son duro, dentado, reventón, dulce, harinoso, ceroso y tunicado. Económicamente, los tipos más importantes de maíz cultivados para grano o forraje y ensilaje caen dentro de las tres categorías más importantes de duro, dentado y

harinoso. Un cuarto tipo de maíz que puede ser agregado a los anteriores es el maíz con proteínas de calidad (MPC) basado en el mutante *o2* obtenido en la búsqueda de una mejor calidad de las proteínas.

Tabla 2: Área sembrada con varios tipos de maíz en los trópicos

Tipos de Maíz	Área sembrada (millones de ha)
Amarillo duro	20.0
Blanco duro	12.5
Blanco dentado	19.0
Amarillo dentado	9.5
Harinoso y morocho	0.6
Reventón, dulce y ceroso	Muy limitada

Fuente: CIMMYT, 1988, 1994

2.10 Maíz amarillo duro

Los granos de maíz duro son redondos, duros y suaves al tacto; su endospermo es constituido sobre todo de almidón duro córneo con solo una pequeña parte de almidón blando en el centro del grano. El maíz duro germina mejor que otros tipos de maíz, particularmente en suelos húmedos y fríos. Es por lo general de madurez temprana y se seca más rápidamente una vez que alcanza la madurez fisiológica. Además, está menos sujeto a daño de insectos y mohos en el campo y en almacenamiento. Sin embargo; los maíces duros rinden por lo general menos que los maíces dentados (Paliwal *et al.*, 2001).

2.11 Importancia del maíz amarillo duro

La importancia del maíz amarillo duro radica en el grado de participación dentro del movimiento económico, esto lo mencionan Alvarado *et al.* (2015), donde indican que tiene un aporte de 57 por ciento en comparación con el maíz amiláceo, generando 177 millones de dólares anuales. Además de ello presenta importancia dentro de la cadena de valor maíz-avicultura, y esto debido al peso que tiene en la cartera de insumos para la elaboración de alimentos balanceados, siendo su influencia de 53 por ciento. Esa trascendencia que presenta se refleja en lo que genera 500 millones de dólares en ventas brutas anuales en la última década, es decir entre los años 2000 y 2012.

2.12 Características del suelo para su producción

Si bien el maíz se puede adaptar a diferentes tipos de suelo, el que mejor le favorece son suelos de textura media, bien drenados, aireados y profundos. Las raíces del maíz pueden llegar a más de 2.50 metros de profundidad si el suelo y la humedad lo permiten; por lo tanto, la profundidad media del suelo debe ser en lo posible de 0.60 m a 1 m, si se quiere obtener buenos rendimientos. Los suelos pocos profundos y muy sueltos obligaran a realizar riegos más frecuentes. El maíz requiere preferentemente suelos neutros, pudiendo desarrollar en un rango de pH de 5.5 hasta 8.0. Además, tolera la salinidad hasta 8.0 mmhos/cm (Manrique *et al.*,1993).

2.13 Condiciones climáticas para la producción

Ortas (2008) indica que el maíz requiere una temperatura de 20 a 30°C. Necesita bastante luminosidad y por eso en climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura del suelo debe situarse entre los 15 a 20°C. El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8°C. A partir de los 30°C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. El maíz es una planta con mucha superficie foliar que se traduce en una gran capacidad para la fotosíntesis, pero también para la evapotranspiración, por eso es una planta muy sensible a las altas temperaturas y a la falta de humedad en el suelo. La temperatura ideal para la fructificación es de 20 a 32°C.

Asimismo, en el transcurso de la formación de granos, las temperaturas altas tienden a una maduración más temprana. El maíz requiere de pleno sol para su crecimiento. En cuanto a la floración, el maíz es una planta de días cortos, es decir florece rápido durante días cortos, sin embargo, los mayores rendimientos se obtienen con 11-14 horas de luz por día, o sea cuando el maíz florece tardíamente (Manrique, 1990).

2.14 Características morfológicas que afectan el rendimiento de maíz

2.14.1 Caracteres vegetativos

Área foliar

El área foliar determina la disponibilidad de carbohidratos para cumplir las funciones de mantenimiento de la planta, para su propio crecimiento y para el llenado de grano. La Tasa de Asimilación Neta (TAN) (que se define como el aumento neto en peso seco por unidad de tiempo y por unidad de área foliar) es directamente proporcional al índice de área Foliar

(IAF), (definido como el área de hoja por superficie del terreno), hasta valores de 2.7, pero declina rápidamente a valores superiores (Hoyt y Bradfield, 1962).

La posición de las hojas en la planta determina su contribución a la TAN. La producción de materia seca por metro cuadrado de hoja, desde la fecundación de grano hasta madurez fisiológica, es mayor en las hojas superiores que en las inferiores. Cerca del 50 por ciento de los carbohidratos acumulados en el grano de maíz son producidos por las hojas del tercio superior de la planta, el 30 por ciento por las del tercio medio, y el restante 20 por ciento por las hojas ubicadas en la parte basal (Allison y Watson, 1966, cit. por Magalhaes y Da Silva, 1987).

Los componentes del rendimiento más afectados por la remoción del área foliar son el número y peso de los granos. (Egharevba *et al.*, 1976). El rendimiento de grano/ha está altamente correlacionado con la producción por unidad de área foliar y por unidad de energía interceptada (Fassio *et al.*, 1998).

Duración del área foliar

La Duración del Área Foliar (DAF) se define como la integral del IAF en un cierto período de tiempo. El rendimiento en grano tiende a estar correlacionado positivamente con la DAF durante el período de llenado de grano (Eik y Hanway, 1966). Tanto el desarrollo como la permanencia del área foliar depende principalmente del agua disponible en el suelo (Plaut *et al.*, 1969).

Altura de la planta

La importancia de medir la altura de la planta se debe a que es un parámetro que determina el grado de desarrollo del área foliar y el tamaño final de la planta. En algunos casos el mayor tamaño de una planta es más importante que la duración del período de llenado de grano en la determinación del rendimiento (Toyer y Brown, 1976).

El rendimiento potencial del grano en antesis está en función del crecimiento previo de la planta por lo que las plantas que se desarrollan con menos competencia tienen rendimientos potenciales más altos (Fassio *et al.*, 1998).

2.14.2 Caracteres reproductivos

Días a la floración

Toyer y Brown (1976) indican que lo importante en la determinación del rendimiento es el período de llenado de grano, la floración temprana aumenta el rendimiento a través de un aumento en el número de días disponibles para el llenado del grano. Contrariamente, cuando el determinante del rendimiento es el tamaño de la planta, una anticipación en la floración provoca una reducción en el rendimiento debido a la menor duración de los estadios vegetativos previo a la floración.

Prolificidad

Kuhn y Stucker (1976) mencionan que los cultivares prolíficos tienen mayor rendimiento que los uni-espigados en altas densidades. Además, ese rendimiento es más estable en los distintos ambientes debido a que el desarrollo de la espiga principal está menos inhibido por condiciones ambientales adversas que en los cultivares uni-espigados. En condiciones normales o no limitantes éstos últimos tenderán a producir más (Ritchie *et al*, 1986).

Periodo de llenado de grano

Si la estación es favorable, la duración del período de llenado de grano es de aproximadamente 55 días, con diferencias varietales que van desde 53 a 61 días (Fassio *et al.*, 1998).

Una parte de la variación en rendimiento de los genotipos de maíz es atribuible directamente a las diferencias en el período de llenado de grano efectivo. La selección recurrente para incrementar el rendimiento aumenta indirectamente el período de llenado de grano (Fakorede *et al*, 1978, cit. por Crosbie y Mock ,1981).

Capacidad de los sitios de almacenamiento

La capacidad de los sitios de almacenamiento se determina poco después de la polinización, independientemente de las condiciones posteriores, aunque si las condiciones ambientales son adversas, los granos pueden cesar su desarrollo (Duncan, 1975).

A altas densidades, se ha encontrado una alta correlación entre tamaño de grano y rendimiento y largo de la espiga y entre rendimiento y número de espigas por planta (Kuhn y Stucker, 1976).

2.15 Producción y rendimiento nacional de maíz amarillo duro

Alvarado *et al.* (2015), indica que la producción de maíz desde principios de la década pasada hasta el año 2012 generó aproximadamente 307 millones de dólares anuales, lo cual representa el 7.7 por ciento del valor bruto de la producción agrícola.

Según el MINAGRI (2017) la producción nacional en el año 2017 fue 1 249 600 toneladas. La región Ica es el principal productor con 223 834 toneladas, con participación de 17.9 por ciento; seguida por Lima con 178 830 toneladas (14.3 por ciento), Ancash con 138 139 toneladas (11.1 por ciento), La Libertad con 138 086 toneladas (11.1 por ciento) y Loreto con 110 878 toneladas (8.9 por ciento); estas cinco (05) regiones concentran el 63.2 por ciento de la producción nacional.

El de mayor rendimiento es la región Ica con 9 387 kg/ha, seguido de Lima con 9 327 kg/ha, La Libertad con 8 546 kg/ha, Ancash con 7 425 kg/ha y Lambayeque con 6 699 kg/ha. La superficie cosechada nacional fue 265 128 hectáreas. Las regiones de San Martín y Loreto, lideran la mayor superficie cosechada con 43 039 ha y 37 817 hectáreas respectivamente. Así como también presentan rendimientos de 2 134 kg/ha y 2 932 kg/ha respectivamente; encontrándose muy debajo del rendimiento nacional (4 713 kg/ha).

La producción de Ucayali fue de 33 232 toneladas (2.7 por ciento de la producción total), en una superficie cosechada de 13 612 hectáreas, el cual representa un rendimiento de 2 441 kg/ha, con un precio en chacra de S/ 0.82 nuevos soles por kg de producto.

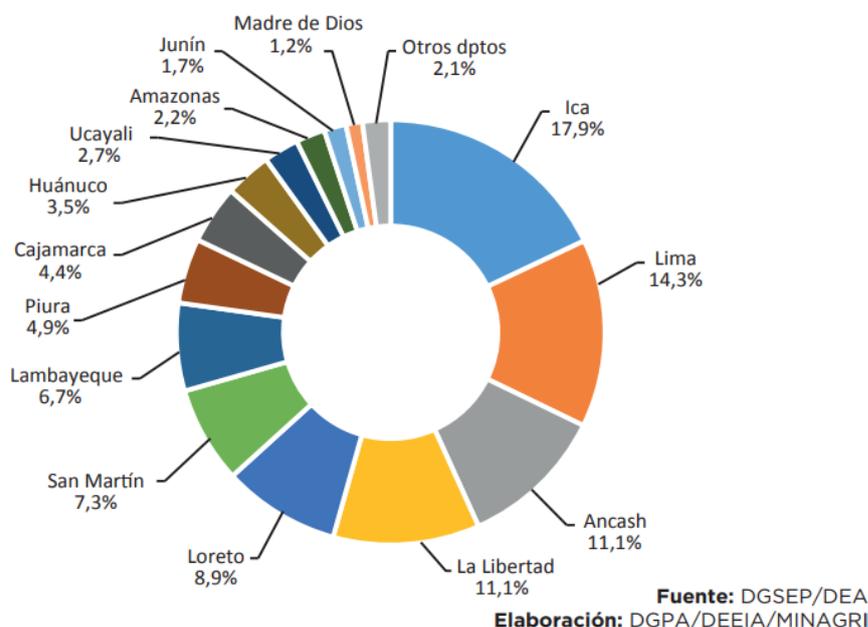


Figura 1: Principales departamentos productores de maíz amarillo duro (2017)

2.16 Maíz híbrido

La semilla híbrida que se vende a los agricultores es una cruce entre dos progenitores: una hembra y un macho. Como los órganos masculino y femenino del maíz están separados, resulta relativamente fácil hacer una cruce entre dos plantas. En un campo de producción de semilla híbrida, los progenitores macho y hembra son sembrados siguiendo un diseño de surcos consecutivos, y normalmente el número de plantas o surcos femeninos es de tres a seis veces mayor que el número de plantas o surcos masculinos. La flor masculina (la espiga) de la planta hembra es retirada (desespigada) antes de la producción de polen, a fin de que el polen que llegue a la flor femenina (la mazorca) de las plantas hembra provenga únicamente de las espigas de las plantas macho. Es necesario desespigar las hembras a fin de que su polen no polinice los estigmas femeninos. Cuando esto llega a ocurrir (un proceso conocido como “autofecundación femenina”), el resultado es una pérdida significativa de la calidad de la semilla que se genera, y eso se aprecia claramente en el cultivo que se produce al sembrar esa semilla. Por tanto, la autofecundación femenina debe evitarse por todos los medios (MacRobert et al., 2015).

2.17 Maíz híbrido simple

Carrera *et al.* (2005), menciona que “Un híbrido simple es el resultado del cruzamiento de dos líneas puras”; además según Cubero (2013) “el híbrido simple es el tipo que produce mayor homogeneidad en todos los sentidos”. Osca (2007) hace mención a estos detalles mencionando que un híbrido simple procede del cruzamiento de dos líneas puras, donde todos los individuos son genéticamente idénticos, además se caracterizan por su gran homogeneidad y alto rendimiento en condiciones ambientales adecuadas. Puesto que la semilla del híbrido se forma sobre la línea pura que actúa como parental femenino, y sabemos que las líneas puras son plantas de rendimiento bajo, la semilla del híbrido simple resulta de precio relativamente elevado comparada con otros tipos de semilla.

2.18 Heterosis

También denominada vigor híbrido, es el aumento del vigor de las características de la planta, tales como: altura de planta, contenido de carbohidratos, de la productividad y la intensidad de otros fenómenos fisiológicos (Borém *et al.*, 2008). La Heterosis es mayor cuando más divergentes genéticamente son los progenitores (SPG, 2002).

El maíz híbrido procede de una semilla obtenida de un cruzamiento controlado de líneas seleccionadas por su alta capacidad productiva. La semilla resultante da origen a plantas que demuestran un gran vigor híbrido, que se traduce en mayores rendimientos por hectárea, que pueden ser superiores en 20 o 30 por ciento a los usualmente obtenidos con las semillas de variedades comunes (Manrique *et al.*, 1993).

III. METODOLOGÍA

3.1 Área experimental

3.1.1 Ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en el Fundo “Romero” ubicado a la altura del kilómetro 37 de la carretera Federico Basadre; interior 1 kilómetro, Caserío “Los Pinos”, distrito de Campo verde, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali. El área delimitada con las líneas rojas (Figura 2) indica la ubicación del terreno utilizado para la realización del trabajo, es un terreno que no tiene registros de siembra de maíz ni de otro cultivo similar, siendo esta la primera utilización del suelo para fines agrícolas. Con respecto a los campos aledaños ninguno presenta, ni presentó siembra del cultivo de maíz ya que principalmente se encuentran cultivos tropicales, tales como cacao, palma aceitera, plátano, cítricos y arboles maderables. Es importante detallar este punto ya que las evaluaciones no se vieron influenciadas por efectos de factores externos. Las coordenadas geográficas exactas de la ubicación del área experimental son 8°29'03.1" latitud sur y 74°50'46.6" latitud oeste, con una altitud de 170 msnm. Cabe resaltar que las coordenadas indicadas fueron tomadas en el centro del campo para una referencia más precisa.



Figura 2: Ubicación geográfica del lugar de investigación. Fuente: Google Maps

3.1.2 Características del suelo

Con respecto al análisis de suelo, el cual se muestra en el Anexo 1, realizado en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina, se observó que el suelo presentaba un pH de 4.37 clasificándose como un suelo fuertemente ácido, muy alejado del pH óptimo para el desarrollo del maíz amarillo duro, los cuales oscilan entre 6.1 y 7.8.

El maíz es un cultivo muy tolerante a la salinidad, sin embargo, este suelo no presentó ningún problema con lo que respecta, teniendo una conductividad eléctrica de 0.16 dS/m.

Se observó un bajo contenido de materia orgánica (1.34 por ciento), que se expresa en suelos no muy profundos, con baja aireación y baja porosidad para el desarrollo de las raíces y baja población de microorganismos en el suelo. No hubo presencia de carbonatos.

La presencia de fósforo es clasificada como baja con 3.7 ppm el cual es equivalente a 16.65 kg de P/ha disponibles en el suelo, lo que nos indica la alta deficiencia de este elemento.

El potasio presentó un nivel medio de clasificación con 140 ppm, equivalente a 648 kg de K/ha disponibles en el suelo.

Según la clasificación que brinda la USDA es un suelo de textura franco arenoso, un suelo no muy profundo y ligeramente suelto, con una CIC de 8.64 meq/100g lo cual está considerada como muy baja y un porcentaje de saturación de bases (%Sat Bases) de 26 por ciento. Con respecto a las relaciones catiónicas la relación K/Mg es 0.34, muy cercano a lo normal (0.2 – 0.3) y la relación Ca/Mg es de 2.31, considerado dentro del rango óptimo (2 - 5).

3.1.3 Características climatológicas

En la tabla 3 se presenta los datos meteorológicos correspondientes al área en donde se desarrolló el trabajo de investigación durante todo el desarrollo fenológico del cultivo (febrero a junio del año 2019). Los datos presentados a continuación fueron obtenidos de la Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali (SENAMHI) ubicada en las siguientes coordenadas geográficas 8°34'56.98" Latitud Sur y 74°51'58.07" Latitud Oeste.

Tabla 3: Datos climatológicos del área experimental

Fecha	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Promedio (°C)	Humedad Relativa (%)	Precipitación Total (mm)
Febrero	31.2	22.7	26.9	90.8	251.0
Marzo	31.0	22.7	26.8	91.3	272.2
Abril	31.9	21.9	26.9	89.7	105.0
Mayo	31.0	21.2	26.1	90.6	213.4
Junio	31.4	20.4	25.9	88.4	51.6

Fuente: Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali

Como se puede observar en la tabla 3, durante el desarrollo fenológico del cultivo, la temperatura varió de 20.4°C a 31.9°C, correspondientes a los meses de junio y abril, respectivamente. Con respecto a la temperatura promedio, este se mantuvo de manera equilibrada, sin embargo, fue presentando una disminución gradual con el pasó de los meses.

Para un cereal C4 como el maíz se estima que el rendimiento máximo será obtenido a una temperatura media de 20°C a 22°C (Squire, 1990), lo cual es inferior a las condiciones dadas en nuestra área experimental, ya que las temperaturas oscilaron entre 25.9°C a 26.9°C, aproximadamente 5°C más que las temperaturas óptimas.

Con respecto a la humedad relativa, varió ligeramente, obteniendo los valores más altos en los meses de marzo y los mínimos en los meses cercanos a la cosecha (junio) con un 91.3 por ciento y 88.4 por ciento respectivamente.

Los mayores valores de precipitación se registraron en los primeros estadios fenológicos del cultivo (marzo), correspondiendo este con las últimas lluvias en la zona, con un valor de 272.2mm. El menor valor se registró en el mes de junio con 51.6 mm, correspondiendo con el inicio de los meses más secos de la región.

3.2 Materiales

3.2.1 Material genético

Las familias de medios hermanos (*Half Sib* = HS) que se evaluaron en la investigación se obtuvieron de la siguiente manera:

A partir de una población nativa de la selva peruana denominado “Corontillo” -el cual se caracteriza por tener alta frecuencia de mazorcas con corontas delgadas, cuyo índice de

desgrane (ID) tienen valores superiores a 86 por ciento en comparación a otros genotipos que están por debajo de 82 por ciento- en la cosecha del año 2017 se seleccionaron 34 familias de medios hermanos por ID y sanidad de mazorca. De las 34 familias seleccionadas fenotípicamente, por disponibilidad de semillas, solo se trabajaron con 15 de ellas.

Tabla 4: Randomización del material experimental

GENOTIPOS	BLOQUES		
	I	II	III
gen_1	103	210	309
gen_2	109	201	312
gen_3	115	206	306
gen_4	102	211	304
gen_5	107	214	305
gen_6	110	207	313
gen_7	105	208	302
gen_8	104	204	308
gen_9	111	203	316
gen_10	108	213	311
gen_11	101	202	307
gen_12	106	216	315
gen_13	114	215	314
gen_14	112	209	303
gen_15	113	205	301
gen_dek	116	212	310

El tratamiento testigo Dekalb-399 es un híbrido de maíz amarillo duro de última generación, con buen potencial de rendimiento, buena estabilidad y buena adaptabilidad a siembras de verano e invierno, con excelente tolerancia al complejo de mancha del asfalto, buen peso de grano por mazorca y muy utilizado en cultivos para forraje debido a la capacidad de producir una apreciable biomasa verde (Bayer, 2019).

Tabla 5: Características agronómicas Dekalb-399

Características agronómicas	
Altura de planta (cm)	246
Altura de mazorca (cm)	130
Días a floración	68 – 90
Días a cosecha	110 – 140
Prolificidad	1
Numero de hileras por mazorca	16 – 18
Relación grano/tusa	85/15
Textura y tipo de grano	Semi dentado
Adaptabilidad	Muy buena

Fuente: Bayer, 2019

3.2.2 Materiales de campo

- Semillas de los 15 genotipos de maíz amarillo duro
- Semillas del tratamiento testigo Dekalb-399
- Fertilizante Nitrogenado (Urea)
- Fertilizante Fosfórico (Superfosfato Triple)
- Fertilizante Potásico (Cloruro de Potasio)
- Estacas de madera
- Soguilla de yute marcado a 40 cm con rafia
- Tacarpo
- Sobres de papel Kraft N° 13
- Engrampador y grapas
- Cinta métrica
- Reglas graduadas
- Tijera
- Lapiceros
- Plumón marcador permanente
- Dosificadores
- Costales
- Etiquetas

- Libreta de campo

3.2.3 Materiales de laboratorio

- Balanza electrónica de precisión
- Vernier
- Higrómetro
- Bolsas de diferentes tamaños

3.2.4 Material informático

- Cámara fotográfica
- Laptop Sony VAIO
- Programa estadístico R Studio
- Hoja de cálculo Excel 2016

3.3 Metodología

Las labores realizadas durante el trabajo de investigación se detallan a continuación:

3.3.1 Siembra

La siembra se realizó el 23 de febrero del 2019, dos días después a una ligera lluvia, con la finalidad de que el suelo se encuentre en condiciones óptimas para una buena germinación de la semilla. Las labores de limpieza de campo y de desmalezado se realizaron 5 días antes.

Para la siembra se requirió de un tacarpo (barreta de madera) con la finalidad de hacer los orificios donde se depositaría las semillas y luego continuar con el tapado de la misma. Se depositaron 2 semillas por golpe en todos los tratamientos.

3.3.2 Control de malezas

El control de malezas fue de manera de manual, es decir no hubo ningún tipo de aplicación de herbicidas. Para esta labor se utilizaron escardas.

Las fechas de los siguientes controles se muestran a continuación:

Primer Control	:	19 de febrero del 2019
Segundo Control	:	11 de marzo del 2019
Tercer Control	:	8 de abril del 2019

3.3.3 Fertilización

La dosis de fertilización utilizada fue de 200 de N, 120 de P₂O₅ y 120 de K₂O por hectárea.

Este procedimiento se realizó de manera fraccionada (2 momentos) y fueron distribuidas de la siguiente manera:

Primera fertilización: 14 de marzo del 2019, 19 días después de la siembra (dds)

- ½ del Nitrógeno
- Todo el Fosforo
- ½ del Potasio

Segunda fertilización: 9 de abril del 2019 (45 dds)

- ½ del Nitrógeno
- ½ del Potasio

Las fuentes de NPK utilizadas fueron las siguientes:

Urea	: 46% de N
Superfosfato Triple	: 46% de P ₂ O ₅
Cloruro de potasio	: 60% de K ₂ O

3.3.4 Cosecha

Días previos a la cosecha, se delimitaron y codificaron nuevamente las parcelas y se contabilizaron la cantidad de plantas que se iban a cosechar por tratamiento.

La cosecha se realizó de manera manual el 13 de junio del 2019 (110 dds), se realizaron las evaluaciones de peso por tratamiento en campo y luego se procedió en trasladar a gabinete para las demás evaluaciones postcosecha.

3.4 Detalles de la parcela experimental

Cada parcela en particular presentó las siguientes características:

Tabla 6: Características de la parcela experimental

Distanciamiento entre surco	0.80 m
Distanciamiento entre planta	0.40 m
Longitud de parcela o surco	6.8 m
Ancho de la parcela	1.6 m
Número de surcos/parcela	2
Número de golpes/surco	18
Número de semillas/golpe	2
Número de plantas/surco	36
Área de parcela	11.52 m ²
Número de parcelas	48
Área aproximada del experimento	3158 m ²
Densidad (plantas/ha)	62500

3.5 Distribución en campo

La distribución en el campo se realizó previa aleatorización de los 16 tratamientos (15 familias de medios hermanos y un testigo (gen_dek)) para cada una de las tres repeticiones. La distribución de los tratamientos en campo se realizó de la siguiente manera:

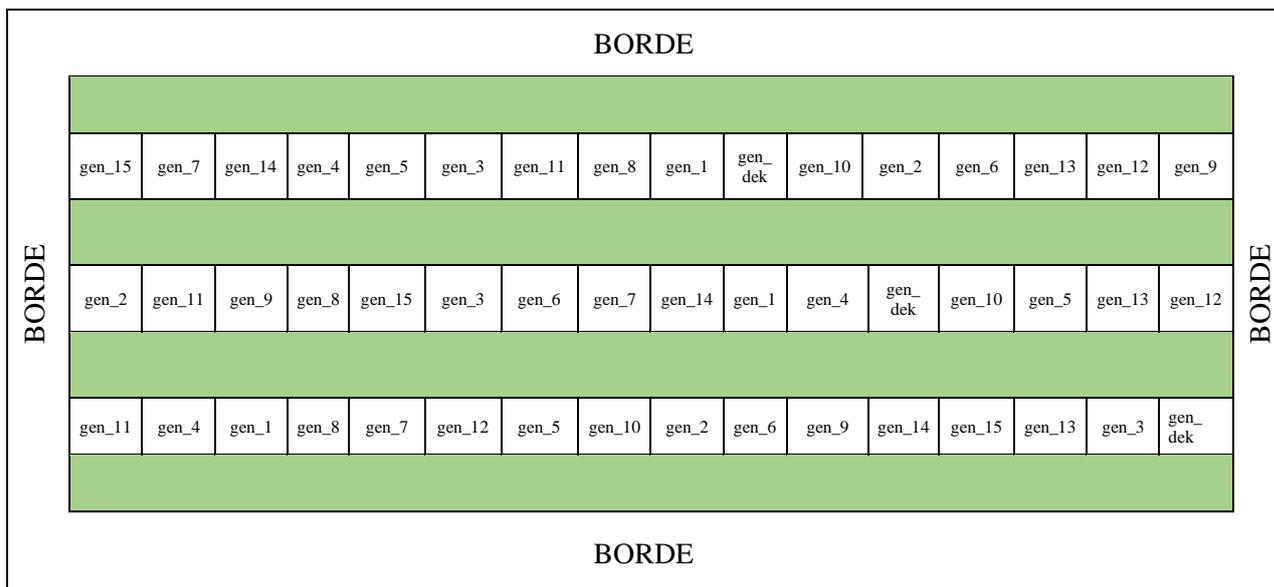


Figura 3: Distribución de los genotipos en campo post aleatorización

3.6 Caracteres morfológicos evaluados

3.6.1 Antes de la cosecha

Emergencia: Para cada familia de medios hermanos se registró la cantidad de plantas emergidas a los 7 días después de la siembra.

Numero de hojas: Se contabilizó el número de hojas que presentaron las plantas emergidas a los 7 días después de la siembra, en caso de no presentar hojas, pero ya encontrándose en emergencia se lo denominará en estado de coleóptilo.

Días a la floración masculina: Se registró la fecha en donde en más del 50 por ciento de las plantas se observó la emisión de granos de polen en la panoja.

Días a la floración femenina: Se registró la fecha en donde en más del 50 por ciento de las plantas presenten visibles sus estigmas.

Altura de planta: Se registró en 10 plantas en completa competencia por parcela, midiéndose desde la base del tallo hasta la base de la panoja.

Altura de mazorca: Se midió en 10 plantas en completa competencia por parcela, midiéndose desde la base del tallo hasta el nudo de inserción de la mazorca superior.

Diámetro del tallo: Al mismo tiempo en que se tomaron los datos de altura de planta se midió el diámetro del tallo a la altura del primer entrenudo.

Presencia de raíces adventicias: Al mismo tiempo en que se tomaron los datos de diámetro de tallo se observó la presencia de raíces adventicias, categorizándolas en:

- 1) Plantas que presentaron las raíces y penetraron al suelo
- 2) Plantas que no presentaron y no llegaron al suelo
- 3) Plantas sin raíces adventicias.

Número de plantas por parcela: Un día antes de la cosecha, se contabilizó el total de plantas de cada parcela.

3.6.2 Después de la cosecha

Número de mazorcas: Apenas culminó la cosecha, se procedió al conteo del total de mazorcas por parcela.

Peso de cosecha (Pc): Se pesaron todas las mazorcas cosechadas por parcela, debidamente identificadas, que vinieron a ser el peso de campo por parcela.

Peso de grano (Pg): Se desgranaron todas las mazorcas de cada parcela y luego se pesaron los granos haciendo uso de una balanza electrónica.

Humedad del grano a la cosecha (H): Sobre 10 mazorcas tomadas al azar se desgranó tres hileras para formar una mezcla de aproximadamente 300 g que sirvió para determinar en ella el porcentaje de humedad del grano.

Número de fallas: El número de fallas por parcela está relacionada al número de golpes fallados. Considerando 2 plantas/golpe (0 fallas), 1 planta/golpe (0.5 fallas) y 0 plantas/golpe (1 falla). Con el número de fallas totales por parcela se halló el factor de corrección (f), magnitud que multiplicado por el peso registrado en el campo da como resultado el peso corregido por fallas.

3.6.3 En gabinete

Se tomaron 10 mazorcas al azar de cada tratamiento y en ellas se evaluaron:

Longitud de mazorca (LM): Con una regla milimetrada se midió el largo de la mazorca de extremo a extremo.

Diámetro de la mazorca (DM): Con una regla milimetrada se midió el ancho de la mazorca, la misma que fue tomada en el tercio medio.

Número de hileras por mazorca (HM): Se contabilizó en cada mazorca el número de hileras en la parte media de la misma.

Número de granos por hilera (GH): En cada una de las 10 mazorcas, se tomaron dos hileras al azar y en ellas se contabilizó el número de granos por dos hileras, luego obtuvo el promedio.

Número de granos por mazorca (GM): Se obtuvo de la multiplicación del número de hileras por el número de granos por hilera.

Peso de 1000 granos: Después de desgranar las 10 mazorcas, se tomó al azar 1000 granos y se realizó su respectivo pesado.

Índice de desgrane (porcentaje de desgrane): Se obtuvo de la división del peso de granos entre el peso mazorca y multiplicado por 100.

Prolificidad: Se obtuvo de la relación entre el número de mazorcas cosechadas y el número de plantas provenientes de una determinada parcela.

3.7 Procesamiento de datos

Una vez que se registró en el libro de campo los datos de cada parcela se procedió con la digitación en hojas de cálculo de los datos de todos los caracteres para cálculos y los análisis estadísticos respectivos.

Rendimiento de grano (RG): Con el fin de expresar los rendimientos de cada entrada o genotipo en kilos de grano por hectárea, se multiplicó el rendimiento promedio de cada parcela por el porcentaje de desgrane y por 0.971 considerado como coeficiente de contorno. Según la siguiente fórmula:

$$RG = Pc * 0.971 * ID * Fh * Ff * \frac{10000}{A}$$

Donde:

RG = Rendimiento de grano (kg/ha)

Pc = Peso total de mazorca cosechada en la parcela

0.971 = Factor de contorno

ID = Porcentaje de desgrane (peso de grano Pg /Pc * 100)

A = Área de la parcela (m²)

Fh = Factor de corrección por humedad

$$Fh = \frac{100 - \% \text{ humedad (H)}}{100 - 14}$$

Ff = Factor de corrección por fallas

$$Ff = \frac{22 - 0,3 * F}{22 - F}$$

3.8 Diseño experimental

El experimento fue instalado bajo el diseño de bloques completos al azar (DBCA) con quince tratamientos, un testigo y tres repeticiones.

3.8.1 Modelo aditivo lineal

El modelo aditivo lineal para el análisis de variancia fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + R_i + T_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Observación correspondiente a la unidad experimental en la que se sembró el genotipo **j** en el bloque **i**.

μ = Media general.

R_i = Efecto de la repetición o bloque **i**.

T_j = Efecto del genotipo **j**.

ϵ_{ij} = Efecto aleatorio o error asociado a la observación Y_{ij} .

Para:

$j = 1, 2, 3, \dots, 16$ genotipos de maíz amarillo duro.

$i = 1, 2$ y 3 repeticiones o bloques.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Del comportamiento de 15 familias de medios hermanos de maíz amarillo duro

Rendimiento de grano

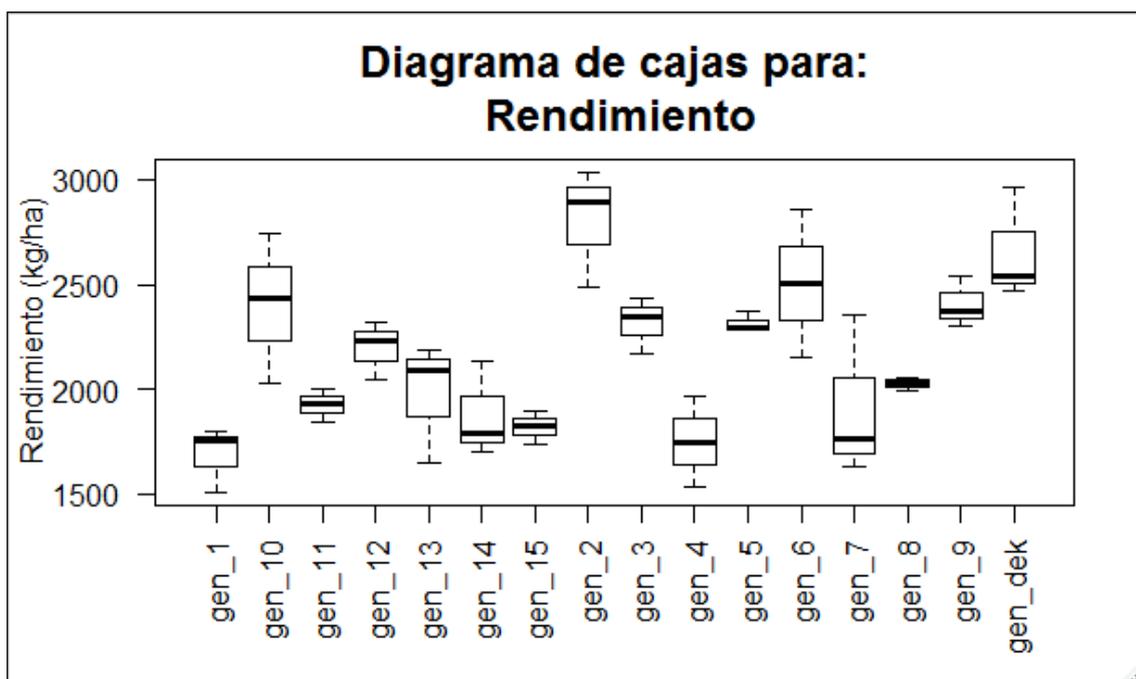


Figura 4: Diagrama de cajas para rendimiento de grano

El presente diagrama de cajas nos muestra la variación que ocurre entre los 15 genotipos y el testigo (gen_dek) y la variación que presentan estos en sus diferentes bloques. En este aspecto no solo se debe tener en consideración el genotipo que presentó mayor valor en el rendimiento por unidad de área, sino también el que presentó menor variación entre los bloques.

El diagrama de caja muestra que el genotipo 2 (gen_2) presentó mayor rendimiento por hectárea con respecto a los demás genotipos, siendo el testigo Dekalb-399 (gen-dek) el segundo en esta nómina. Sin embargo, este último muestra menos variación entre bloques que el genotipo 2, es decir, que los valores obtenidos de rendimiento entre los 3 bloques son más cercanas o similares entre sí.

El genotipo 5 (gen_5) y principalmente el genotipo 8 (gen_8) tienen la particularidad de que la variación de los valores obtenidos en sus respectivos bloques ha sido mínima, es decir los valores fueron muy similares, lo cual es una característica muy importante en este factor, dado que nos permite mantener una uniformidad total en un campo de cultivo. Caso contrario presentan los genotipos 6, 7 y 10.

Tabla 7: Análisis de varianza de rendimiento de grano, peso de 1000 granos, granos por mazorca, porcentaje de desgrane y prolificidad

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios				
		Rendimiento	Peso de 1000 Granos	Granos por mazorca	% de Desgrane	Prolificidad
Bloques	2	153981 *	47.1	236.6	1.6	0.000058
Genotipos	15	341035 ***	489.8 ***	558.7 **	4.594 ***	0.007557 ***
Error	30	45004	111.2	176.0	0.809	0.001389
Promedio		2161.57	233.039	336.112	86.318	1.083
C.V. (%)		17.563	6.498	5.159	1.659	5.307

En la tabla 7 el análisis de varianza de rendimiento de grano, nos permite evidenciar que hubo diferencia estadística entre los bloques establecidos, es decir, se confirmó la diferencia que se observó al inicio del proyecto con respecto al factor suelo. Por consiguiente, se optó en realizar un buen bloqueo del campo, de lo contrario, los tratamientos se iban a ubicar en bloques de características distintas, pudiendo esto incrementar el error experimental y como consecuencia no poder detectar diferencias estadísticas entre genotipos.

También se puede evidenciar que hubo una alta diferencia estadística entre los tratamientos (genotipos), por lo que se puede afirmar que al menos uno de los genotipos presentó un rendimiento diferente en comparación a los demás genotipos evaluados. El coeficiente de variabilidad fue de 17.563 por ciento.

Para una mejor visualización de los datos obtenidos en los 5 caracteres mencionados anteriormente, se muestra la tabla 8 en donde se resalta el promedio de cada genotipo evaluado y el promedio total de los 15 genotipos más el testigo.

El rendimiento promedio de grano de los 16 genotipos evaluados fue de 2161.57 kg/ha y está por debajo del promedio producido en el departamento de Ucayali que alcanzó los 2441 kg/ha para el año 2017. Sin embargo, según la prueba de Tukey al 0.05 por ciento de probabilidad, el genotipo 2 presentó un rendimiento de 2804.33 kg/ha, ubicándose por encima del tratamiento testigo, el cual está ubicado en el segundo puesto, con 2657.40 kg/ha, posterior a estos se encuentra el genotipo 6 con 2507.50 kg/ha (Tabla 8).

Tabla 8: Promedios de rendimiento de grano (kg/ha), peso de 1000 granos (g), granos por mazorca, porcentaje de desgrane (%) y prolificidad

Genotipos	Rendimiento (kg/ha)	Peso de 1000 Granos (g)	Granos por mazorca	% de Desgrane	Prolificidad
gen_1	1687.47	211.390	323.210	86.787	1.030
gen_2	2804.33	243.667	355.857	83.620	1.050
gen_3	2317.67	232.580	338.580	86.107	1.047
gen_4	1751.90	225.780	328.390	86.470	1.107
gen_5	2316.35	229.873	351.217	87.863	1.067
gen_6	2507.50	244.690	338.077	85.437	1.110
gen_7	1914.63	217.667	349.603	86.473	1.053
gen_8	2024.35	233.247	319.900	85.080	1.140
gen_9	2406.73	229.873	341.203	86.083	1.100
gen_10	2400.31	225.667	352.953	86.973	1.160
gen_11	1926.60	239.333	335.843	86.490	1.067
gen_12	2197.00	234.063	316.087	85.130	1.123
gen_13	1976.34	233.183	351.917	88.540	1.143
gen_14	1876.10	233.967	331.253	88.153	1.017
gen_15	1820.38	225.063	314.650	86.237	1.133
gen_dek	2657.40	268.573	329.060	85.650	1.000
Promedio	2161.57	233.039	336.112	86.318	1.083

Al comparar las medias de los tratamientos (Figura 5) se puede visualizar que a pesar que los genotipos 2 y 6 y el testigo hayan superado al promedio regional, estos muestran similitud estadística con los genotipos 9, 10, 3, 5 y 12 con un rendimiento de 2406.73, 2400.31, 2317.67, 2316.35 y 2197.00 kg/ha, respectivamente. Posterior a estos se encuentra el genotipo 8 con un rendimiento de 2024.35 kg/ha, estadísticamente diferente a los anteriores mencionados.

El genotipo 1 que obtuvo el menor promedio en rendimiento es similar estadísticamente a su antecesor, el genotipo 4, con un rendimiento de 1751.90 kg/ha.

Finalmente, es de considerar que los 2 tratamientos que obtuvieron un rendimiento por encima del promedio regional, y uno de ellos (Genotipo 2) por encima del tratamiento testigo, tuvieron rendimientos muy aceptables, con lo cual se puede esperar que estos genotipos experimentales en estudio sirvan como material de mejoramiento de variedades de maíz amarillo los cuales estén al alcance de los agricultores de la zona.

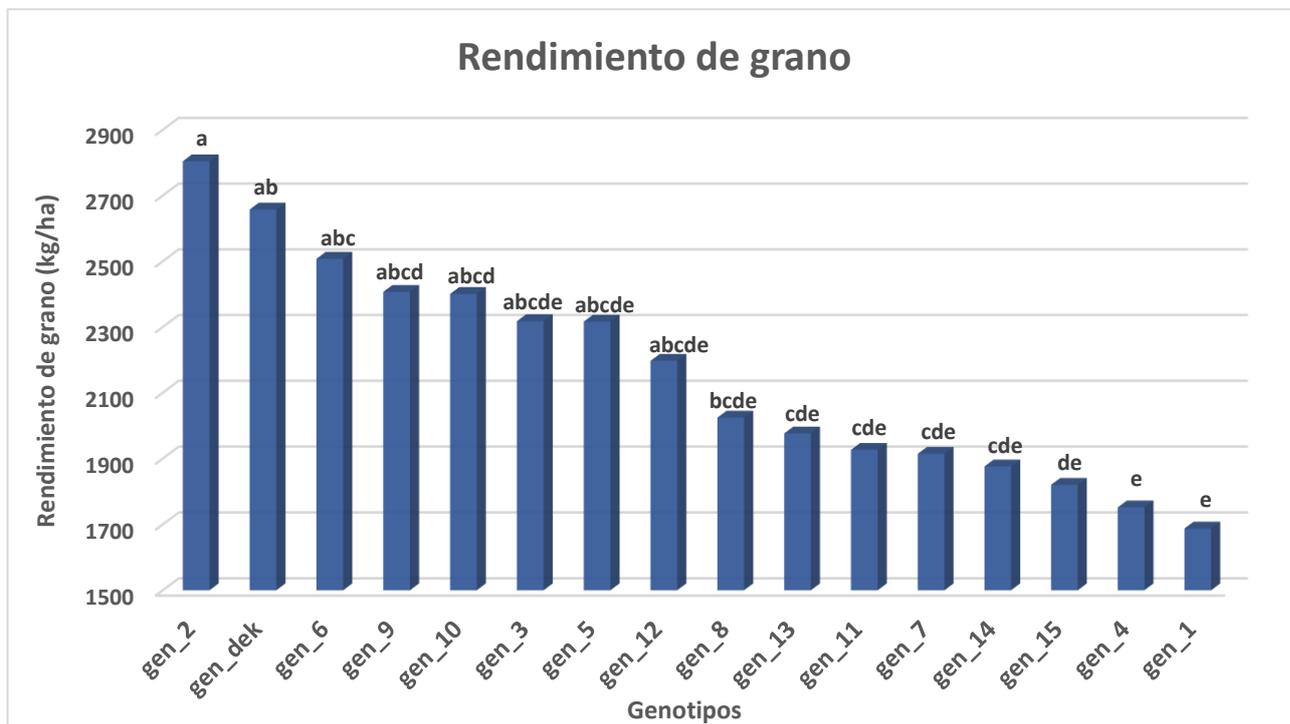


Figura 5: Prueba de comparación de medias para rendimiento de grano de 16 genotipos de maíz amarillo duro

Peso de 1000 granos

Al realizar el análisis de varianza de la tabla 7 se observa que existe una alta significancia estadística para la fuente de variación de los genotipos (tratamientos), lo cual nos indica que hubo diferencias en los promedios obtenidos, es decir que al menos uno de los tratamientos mostró un peso promedio diferente estadísticamente frente a los demás genotipos evaluados. El coeficiente de variabilidad fue de 6.498 por ciento.

En la tabla 8 se muestra que, con respecto al peso de 1000 granos, el promedio total de los 15 genotipos y el testigo es de 233.039 gramos.

En esta característica evaluada el testigo es el que obtuvo el mayor peso de 1000 granos, con un promedio de 268.573 g, seguido por los genotipos 6, 2 y 11 con un promedio de 244.690, 243.667 y 239.333 g, respectivamente.

El genotipo que presentó menor promedio en peso de 1000 granos fue el genotipo 1 con un valor de 211.390 g.

Como se muestra en la figura 6 a pesar que los 3 genotipos que lo suceden al tratamiento testigo hayan obtenido valores diferentes, estos muestran similitud estadística entre sí, es decir que no muestran diferencias significativas con respecto a este componente. Posterior a estos se encuentran los demás genotipos evaluados los cuales presentaron misma similitud estadística entre ellos, a excepción del genotipo 1 el cual es estadísticamente diferente al resto.

Cabe resaltar que, de acuerdo a lo observado, no necesariamente el que obtiene mayor peso de 1000 granos es el que obtiene el mayor rendimiento general.



Figura 6: Prueba de comparación de medias para peso de 1000 granos de 16 genotipos de maíz amarillo duro

Granos por mazorca

Como indica el análisis de varianza de la tabla 7, existe diferencia estadística al 0.05 por ciento de probabilidad en la fuente de variación de los genotipos (tratamientos), es decir que las medias encontradas son diferentes en al menos uno de los tratamientos referente a la variable en estudio. El coeficiente de variabilidad fue de 5.159 por ciento.

La tabla 8 muestra que el promedio total de los genotipos y el tratamiento testigo fue de 336.112 granos por cada mazorca de maíz. Así mismo, el genotipo que obtuvo la mayor cantidad de granos por mazorca fue el genotipo 2 con 355.857 granos, el cual no presenta diferencia estadística con su más próximo sucesor, el genotipo 10, con 352.953 granos por mazorca (Figura 7) y con los demás genotipos que lo suceden, a excepción del genotipo 15, que es precisamente el que obtuvo el menor promedio con 314.650 granos por mazorca.

Cabe precisar que en esta variable en estudio el genotipo 2, el cual obtuvo el mayor promedio es también el que presentó mayor promedio en el rendimiento, sin embargo, el testigo Dekalb -399 que fue el segundo en promedio de rendimiento, obtuvo el puesto 11 en esta categoría, de tal manera que no se puede afirmar que, a mayor cantidad de granos por mazorca, mayor será el promedio en rendimiento.

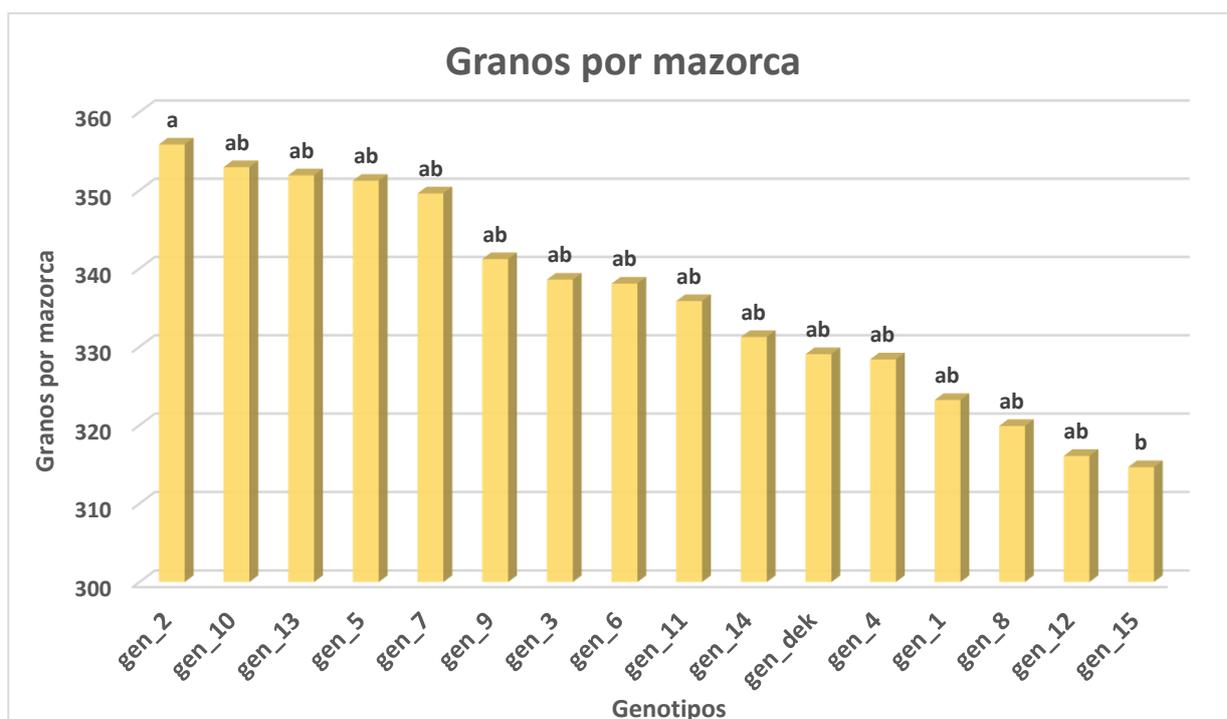


Figura 7: Prueba de comparación de medias para granos por mazorca de 16 genotipos de maíz amarillo duro

Porcentaje de desgrane

El análisis de varianza de la tabla 7 indica que existe una alta significancia estadística para la fuente de variación de los genotipos, por lo que se puede afirmar que hubo diferencias en los promedios obtenidos, por lo que al menos uno de los tratamientos evaluados es estadísticamente diferente al resto. El coeficiente de variabilidad fue de 1.659 por ciento.

La tabla 8 muestra que el promedio general (15 genotipos y testigo) es de 86.318 por ciento. El genotipo que obtuvo mayor porcentaje de desgrane fue el genotipo 13 con 88.540 lo cual significa que, por cada 100 gramos de mazorca, 88.540 g pertenece al peso de los granos de maíz y 11.460 g pertenece al peso de la coronta. Asu vez, este genotipo no presenta diferencia estadística (Figura 8) con el que obtuvo el segundo lugar el cual fue el genotipo 14, con 88.153 por ciento. El testigo Dekalb-399 está posicionado en la ubicación doce con 85.650 por ciento. El genotipo que presentó menor porcentaje de desgrane fue el genotipo 2, con 83.620 por ciento.

Bocanegra (1953) indica que el maíz amarillo duro presenta un porcentaje de desgrane igual o mayor al 80 por ciento, lo cual se corrobora con los datos obtenidos dado que todos los genotipos obtuvieron valores superiores a este porcentaje, lo que indica que la población fuente de las 15 familias es muy buena para mejorar esta variable.

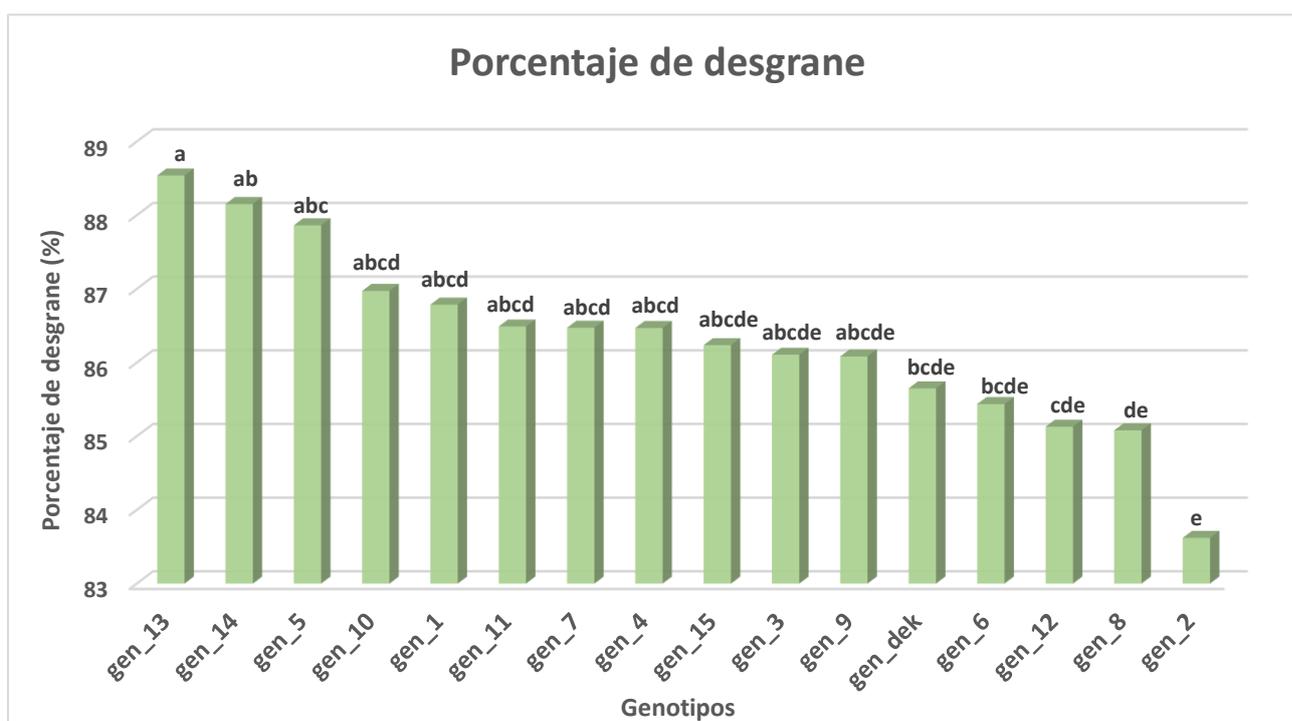


Figura 8: Prueba de comparación de medias para porcentaje de desgrane de 16 genotipos de maíz amarillo duro

Prolificidad

En el análisis de varianza de la tabla 7, se puede evidenciar que existe una alta significancia estadística para la fuente de variación de los genotipos (tratamientos), lo cual nos indica que hubo diferencias estadísticas en los promedios obtenidos en al menos uno de los tratamientos en esta variable evaluada. El coeficiente de variabilidad es de 5.307 por ciento.

Como indica la tabla 8, el promedio general de prolificidad es de 1.083, mientras que el genotipo que obtuvo el mejor promedio fue el genotipo 10 con 1.160 lo que nos indica que, por cada 1000 plantas de maíz de este genotipo, se van a obtener 1160 mazorcas. En la figura 9 se evidencia que este genotipo no presenta diferencia estadística con los que se ubican a continuación; es decir desde el genotipo 12 con 1,143 hasta el genotipo 3 con 1.047.

En este caso el testigo es el que obtuvo menor promedio de prolificidad, con un valor de 1.0, lo que indica que, por cada 1000 plantas de este, se obtendrá 1000 mazorcas. Cabe resaltar que, según la ficha técnica de este producto, el valor de prolificidad indicada es de 1.0.

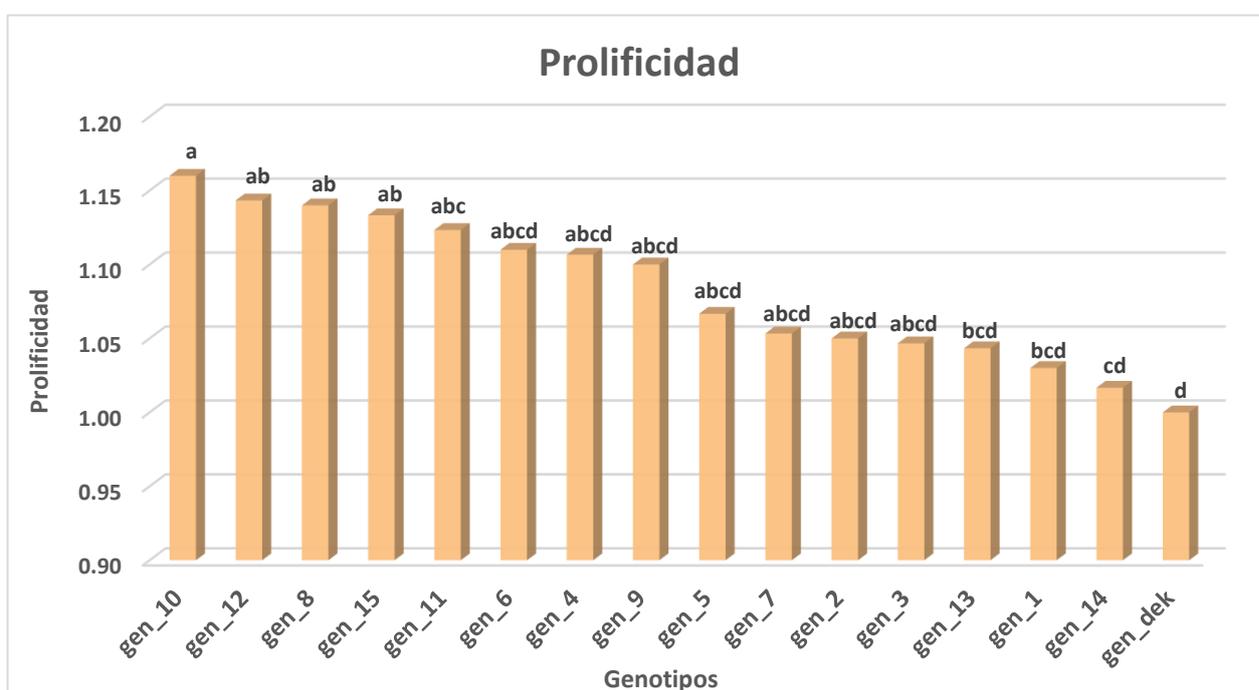


Figura 9: Prueba de comparación de medias para prolificidad de 16 genotipos de maíz amarillo duro

La tabla 9 muestra el análisis de varianza de 4 variables evaluadas con respecto a las características de la planta de maíz amarillo duro durante sus primeros estadios vegetativos, de tal manera que se pudo determinar las diferencias estadísticas que existen entre los genotipos con las pruebas de Tukey al 0.05 por ciento.

Tabla 9: Análisis de varianza de porcentaje de emergencia y número de hojas a los 7 días después de la siembra (7dds), floración masculina (dds) y floración femenina (dds)

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Porcentaje de emergencia	Nº de hojas	Floración Masculina	Floración Femenina
Bloques	2	4.72	0.01075	6.548 *	4.306 *
Genotipos	15	122.59 ***	0.08861 ***	2.788	3.408 **
Error	30	13.40	0.01720	1.434	1.111
Promedio		83.015	2.335	60.150	64.138
C.V. (%)		8.335	8.533	2.400	2.194

Para una mejor visualización de los datos obtenidos en los 4 caracteres mencionados anteriormente, se muestra la tabla 10 en donde se resalta el promedio de cada genotipo evaluado y el promedio total de los 15 genotipos más el testigo.

Tabla 10: Promedios de porcentaje de emergencia y número de hojas a los 7 días después de la siembra (7 dds), floración masculina (dds) y floración femenina (dds)

Genotipos	Porcentaje de emergencia (7dds)	Nº de hojas (7 dds)	Floración masculina (dds)	Floración femenina (dds)
gen_1	89.48	2.50	60.67	64.67
gen_2	84.49	2.43	58.67	62.33
gen_3	80.55	2.32	60.50	64.45
gen_4	92.59	2.58	61.56	65.65
gen_5	77.32	2.14	59.67	64.00
gen_6	82.41	2.22	59.33	62.33
gen_7	81.19	2.43	58.52	62.87
gen_8	77.31	2.29	60.65	63.88
gen_9	81.16	2.28	59.67	64.00
gen_10	83.66	2.10	61.57	65.17
gen_11	92.13	2.47	61.67	66.00
gen_12	66.21	1.97	60.37	64.34
gen_13	83.51	2.35	59.32	63.25
gen_14	83.34	2.59	60.36	64.25
gen_15	88.59	2.43	59.67	65.00
gen_dek	84.31	2.28	60.22	64.02
Promedio	83.02	2.34	60.15	64.14

Porcentaje de emergencia

En el análisis de varianza de la tabla 9 se observa que existe una alta significancia estadística para la fuente de variación de los genotipos (tratamientos), lo cual nos indica que hubo diferencias en los promedios obtenidos, es decir que al menos uno de los tratamientos mostró un promedio diferente estadísticamente frente a los demás genotipos evaluados. El coeficiente de variabilidad fue de 8.335 por ciento.

La tabla 10 nos muestra que el promedio general (genotipos y testigo) para porcentaje de emergencia fue de 83.02 por ciento. El genotipo que presentó mayor promedio fue el genotipo 4 con 92.59 por ciento seguido por el genotipo 11 con 92.13 por ciento, sin evidenciar diferencias estadísticas entre sí. Posterior a estos, hasta el genotipo 6 que presenta un valor de 82.413 por ciento de plantas emergidas respectivamente a los 7 días después de haber sido sembradas, también presentan similitud estadística entre sí (Figura 10). El menor promedio obtenido fue del genotipo 12 con 66.21 por ciento.

La variable testigo registró una media de 84.31 por ciento ubicándose en la sexta posición. Cabe resaltar que 13 de los 16 tratamientos evaluados estuvieron por encima del 80 por ciento de emergencia, lo cual se considera una característica muy deseable.

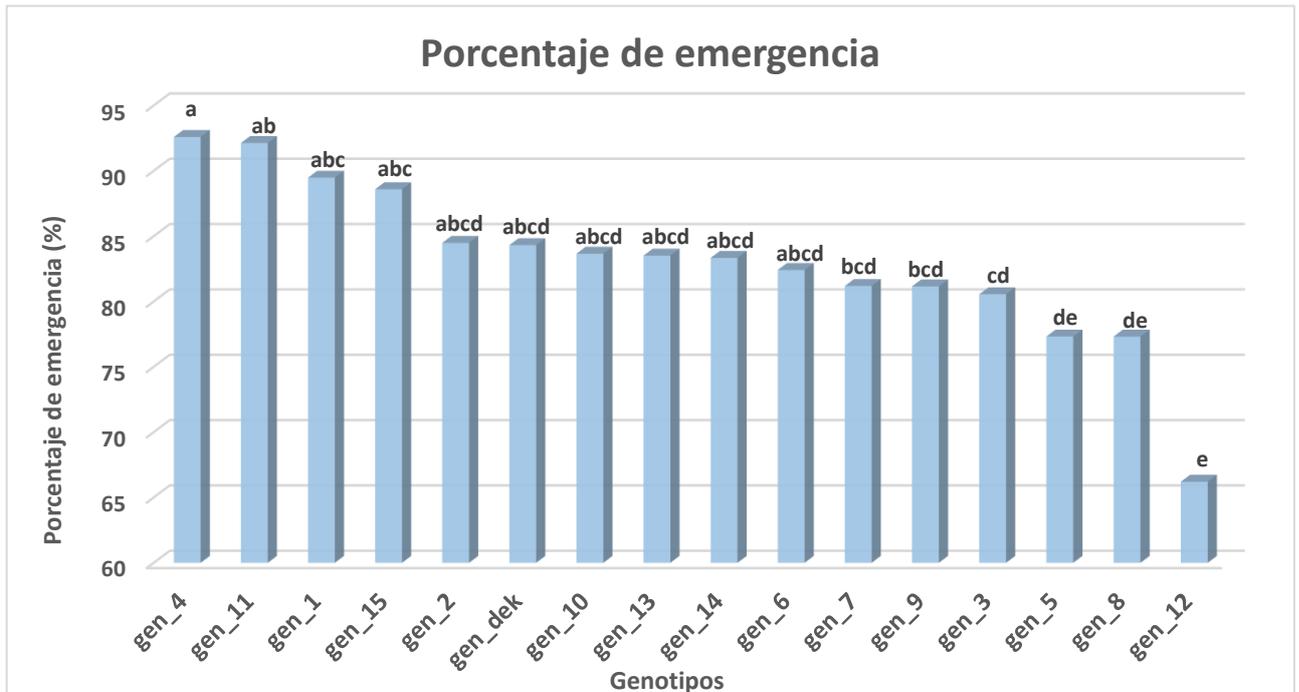


Figura 10: Prueba de comparación de medias para porcentaje de emergencia de 16 genotipos de maíz amarillo duro

Número de hojas a los 7 días después de la siembra

El análisis de varianza de la tabla 9 indica que existe diferencia estadística para la fuente de variación de los genotipos (tratamientos), de tal manera que se puede afirmar que al menos uno de los tratamientos presentó una media diferente estadísticamente al de los demás para la evaluación de esta característica. El coeficiente de variabilidad fue de 8.533 por ciento.

La tabla 10 muestra que el promedio general para el número de hojas registrados a los 7 días después de la siembra es de 2.34 hojas/planta. El genotipo que presentó mayor promedio fue el genotipo 14 con 2.59 hojas/planta, seguido por el genotipo 4 con 2.58 hojas/planta. Ambos genotipos con similitud estadística entre sí (Figura 11). El de menor promedio registrado fue el genotipo 12, con 1.97 hojas/planta emergida.

La variable testigo presentó un valor de 2.28, ubicándose en el onceavo puesto. Cabe resaltar que ningún genotipo presentó un promedio mayor a 3, todas las variables oscilaban alrededor de 0 a 3 hojas por planta, valores muy similares número, pero diferentes estadísticamente.

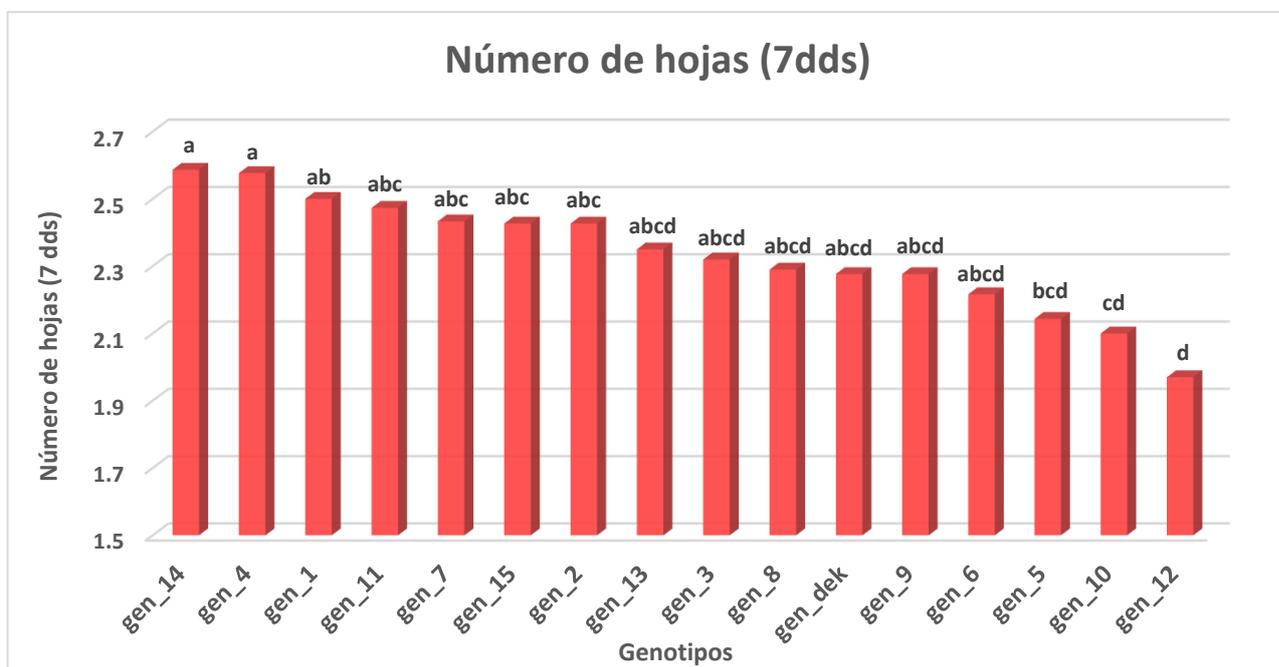


Figura 11: Prueba de comparación de medias para número de hojas a los 7 dds de 16 genotipos de maíz amarillo duro

Floración masculina

En el análisis de varianza de la tabla 9 se puede evidenciar que no existe diferencia estadística para la fuente de variación de los genotipos (tratamientos), es decir que todos los promedios

registrados para esta característica presentan similitud entre sí. El coeficiente de variabilidad fue de 2.40 por ciento.

La tabla 10 nos muestra que el promedio general donde se evidencia la floración masculina es a los 60.15 días después de la siembra, sin embargo, los valores individuales oscilaron entre 56 y 67 días. El genotipo más precoz, es decir el tratamiento que presentó una floración anticipada con respecto al resto es el genotipo 7, que en promedio numérico de los 3 bloques evaluados obtuvo un valor 58.52 días. Sin embargo, el que obtuvo el mayor promedio numérico, es decir, el más tardío, fue el genotipo 11 que presentó su floración masculina a los 61.67 días después de la siembra. El tratamiento testigo registró un promedio numérico de 60.22 días.

Finalmente, cabe resaltar que estos valores obtenidos son diferentes numéricamente, mas no estadísticamente, es decir que todos los tratamientos son similares entre sí. (Figura 12)

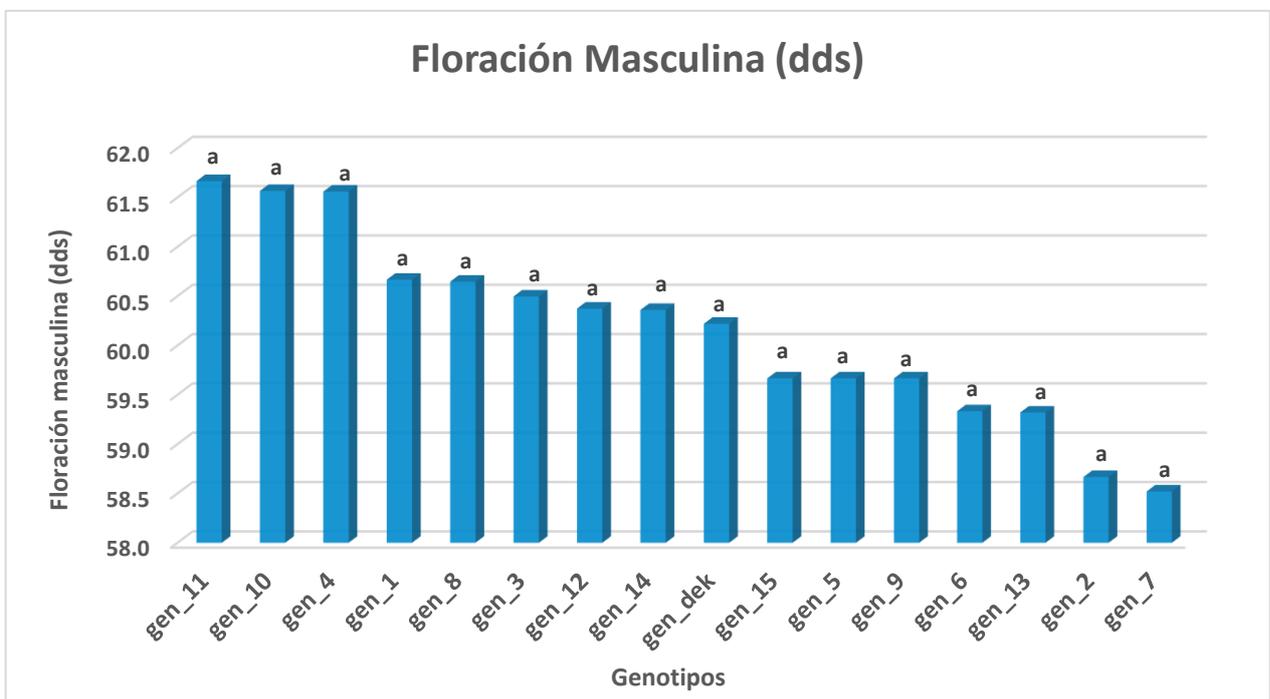


Figura 12: Prueba de comparación de medias para floración masculina (dds) de 16 genotipos de maíz amarillo duro

Floración femenina

Como indica el análisis de varianza de la tabla 9, existe diferencia estadística en la fuente de variación de los tratamientos, es decir que las medias encontradas son diferentes en al menos

uno de los tratamientos de la variable en estudio. El coeficiente de variabilidad fue de 2.194 por ciento.

La tabla 10 muestra que el promedio general de floración femenina fue de 64.14 días después de la siembra, sin embargo, los valores individuales oscilaron entre los 60 y 70 días. Así mismo, el genotipo más precoz fue el genotipo 6 con 62.33 días, el cual presenta similitud estadística como se aprecia en la figura 13 con sus más próximos sucesores, hasta el genotipo 10, que obtiene un valor de 65.173 días. El genotipo que demoró más en el desarrollo de la floración femenina (tardío) fue el genotipo 11 con un valor de 66.0 días seguido por el genotipo 4, con un valor de 65.65 días después de la siembra. Ambos con similitud estadística entre sí.

Finalmente, en comparación a la variable floración (masculina y femenina), el genotipo 2 fue registrado como uno de los más precoces en ambas evaluaciones, y el genotipo 11 destacándose por su desarrollo tardío, ya que fue el que demoró más en llegar a esta etapa fisiológica.

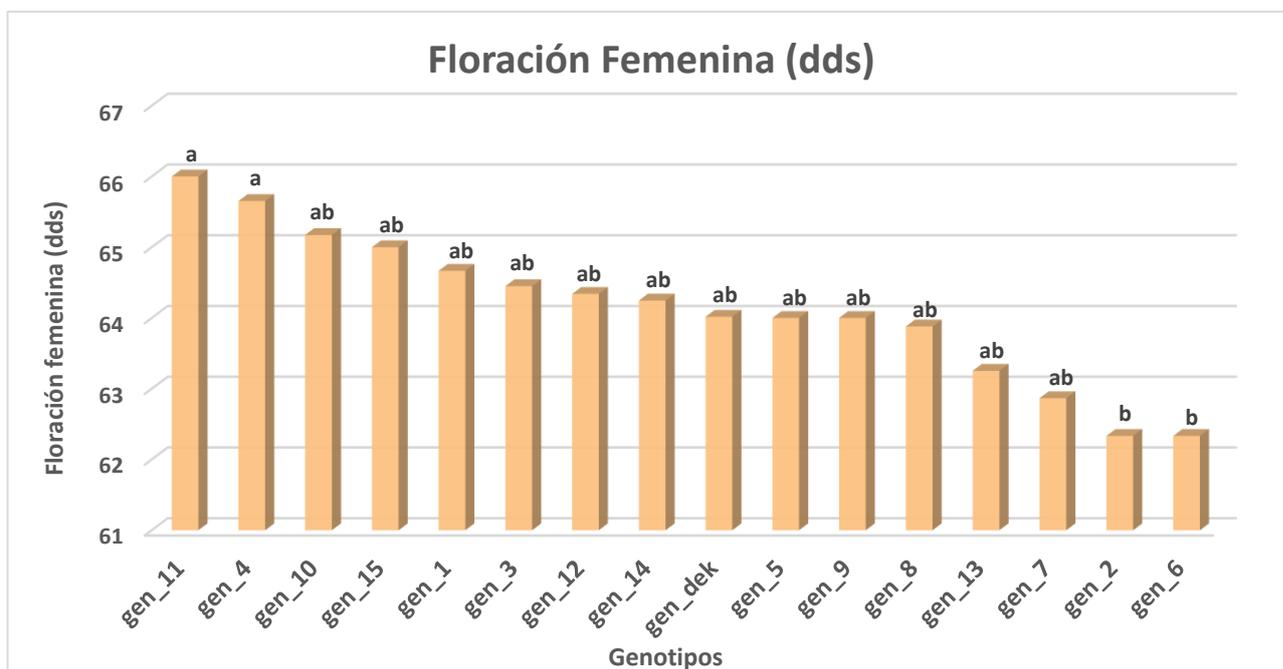


Figura 13: Prueba de comparación de medias para floración femenina (dds) de 16 genotipos de maíz amarillo duro

La tabla 11 muestra el análisis de varianza de 4 variables evaluadas con respecto a las características de la planta de maíz amarillo duro realizadas en etapa de cosecha, dado que dichas variables ya no serán cambiantes con el pasar de los días, de tal manera se pudo

determinar las diferencias estadísticas que existen entre los genotipos y el testigo con las pruebas de Tukey al 0.05 por ciento.

Tabla 11: Análisis de varianza de altura de planta, altura de mazorca, diámetro de tallo y porcentaje de raíces adventicias

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Altura de planta	Altura de mazorca	Diámetro de tallo	Porcentaje de raíces adventicias
Bloques	2	105.50	75.70	0.011033	751.9 *
Genotipos	15	148.29	151.31 **	0.021839 ***	294.8
Error	30	76.19	45.38	0.004498	163.9
Promedio		163.988	86.785	1.805	75.083
C.V. (%)		6.112	10.337	5.627	20.230

Para una mejor visualización de los datos obtenidos en los 4 caracteres mencionados anteriormente, se muestra la tabla 12 en donde se resalta el promedio de cada genotipo evaluado y el promedio total de los 15 genotipos más el testigo.

Tabla 12: Promedios de altura de planta, altura de mazorca, diámetro de tallo y porcentaje de raíces adventicias

Genotipos	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Porcentaje de Raíces adventicias (%)
gen_1	154.130	78.550	1.753	76.00
gen_2	174.420	99.210	1.903	70.40
gen_3	163.303	85.657	1.663	62.47
gen_4	153.560	75.683	1.797	71.87
gen_5	166.130	86.487	1.723	84.43
gen_6	168.043	86.880	1.777	79.53
gen_7	165.423	90.010	1.813	74.33
gen_8	166.043	85.503	1.840	76.93
gen_9	165.810	85.170	1.720	81.07
gen_10	170.253	87.500	1.733	74.33
gen_11	161.127	78.920	1.850	59.77
gen_12	156.650	80.370	1.803	75.00
gen_13	179.320	100.147	1.913	84.00
gen_14	161.347	92.710	1.910	68.70
gen_15	157.543	81.740	1.717	62.50
gen_dek	160.710	94.030	1.957	100.00
Promedio	163.988	86.785	1.805	75.08

Altura de planta

En el análisis de varianza de la tabla 11 se puede evidenciar que no existe diferencia estadística para la fuente de variación de los tratamientos, es decir que todos los promedios registrados para esta característica presentan similitud entre sí. El coeficiente de variabilidad fue de 6.112 por ciento.

La tabla 12 muestra que el promedio general de altura de planta es de 163.988 cm, sin embargo, los valores individuales oscilaron entre 90 y 250 cm. El genotipo que presentó mayor promedio numérico fue el genotipo 13 con 179.320 cm y el de menor promedio numérico fue el genotipo 4 con 153.560 cm. El tratamiento testigo tuvo un promedio de 160.710 cm de altura de planta ubicándose en la doceava posición, sin embargo, todos presentaron similitud estadística entre sí. (Figura 14)

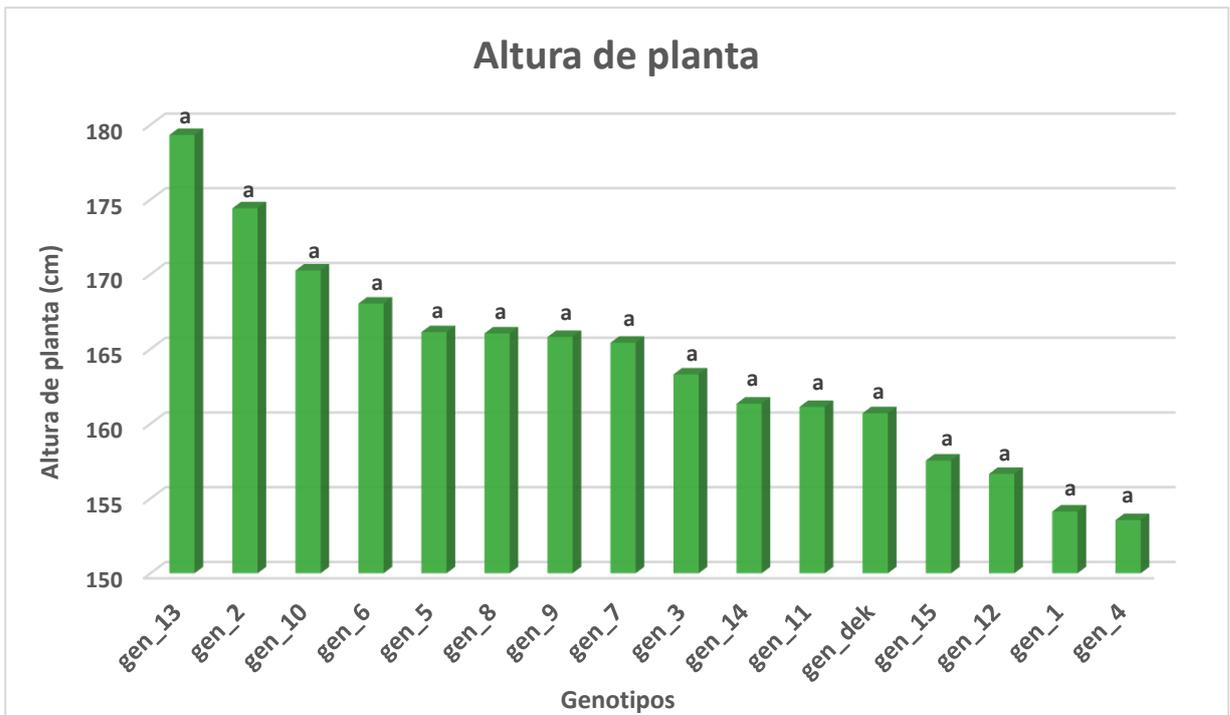


Figura 14: Prueba de comparación de medias para altura de planta de 16 genotipos de maíz amarillo duro

Altura de mazorca

Como indica el análisis de varianza de la tabla 11, existe diferencia estadística en la fuente de variación de los tratamientos, es decir que las medias encontradas son diferentes en al menos uno de los tratamientos de la variable en estudio. El coeficiente de variabilidad fue de 10.337 por ciento.

La tabla 12 muestra que el promedio general de altura de mazorca fue de 86.785 cm desde la base del suelo, no obstante, los valores oscilaron entre 49 y 147 cm. El genotipo con mayor promedio fue el genotipo 13 con 100.147 cm, seguido por el genotipo 2 con 99.210, sin embargo, ambos no presentan diferencias estadísticas entre sí. (Figura 15)

El tratamiento testigo está ubicado en la tercera posición con 94.030 cm de altura de mazorca. Los genotipos de menor promedio fueron los genotipos 1 y 4, con 78.550 cm y 75.683 cm respectivamente.

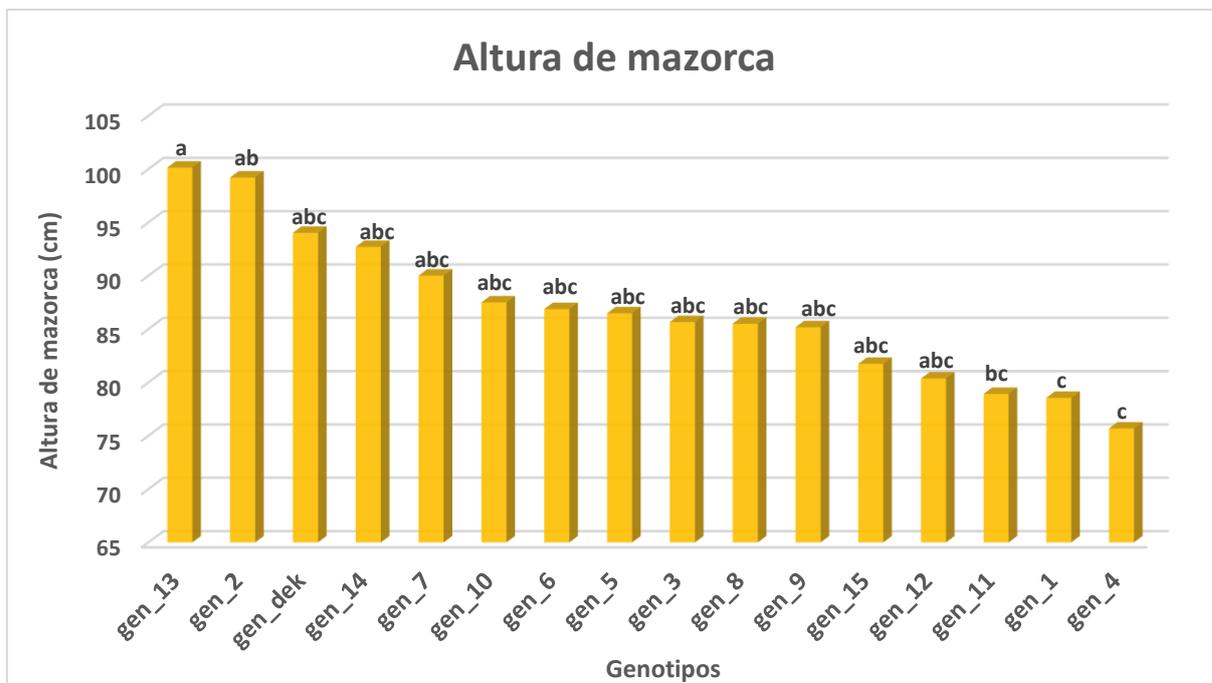


Figura 15: Prueba de comparación de medias para altura de mazorca de 16 genotipos de maíz amarillo duro

Diámetro de tallo

El análisis de varianza de la tabla 11 nos indica que existe una alta significancia estadística para la fuente de variación de los tratamientos, por lo que se puede afirmar que hubo diferencias en los promedios obtenidos, por lo que al menos uno de los tratamientos evaluados es en promedio estadísticamente diferente al resto. El coeficiente de variabilidad fue de 5.627 por ciento.

La tabla 12 muestra que el promedio general es de 1.805 cm El genotipo que obtuvo mayor promedio de diámetro de tallo fue el tratamiento Dekalb-399 con 1.957 cm, seguido por el genotipo 13 con 1.913 cm, sin embargo, ambos sin presentar diferencias estadísticas entre sí. (Figura 16)

El genotipo de menor promedio fue el genotipo 3 con 1.663 cm de diámetro de tallo.

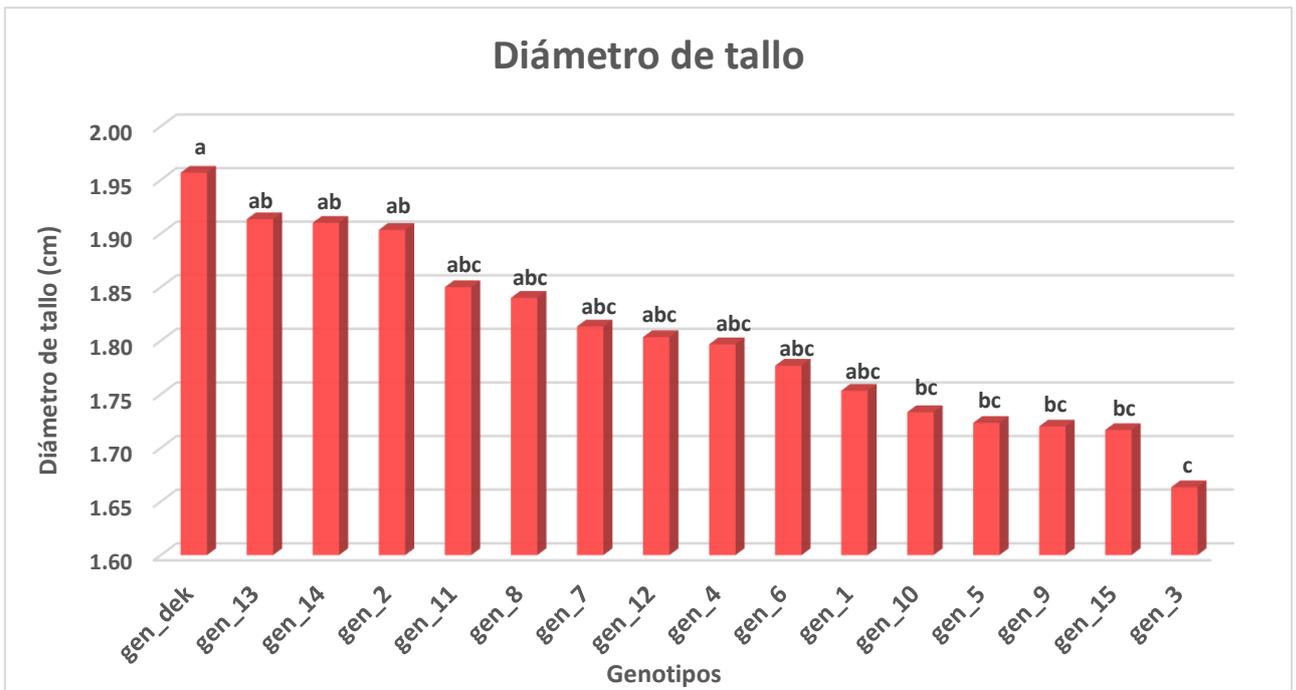


Figura 16: Prueba de comparación de medias para diámetro de tallo de 16 genotipos de maíz amarillo duro

Porcentaje de raíces adventicias

En el análisis de varianza de la tabla 11 se observa que no existe diferencia estadística para esta variable, es decir que a pesar de que los tratamientos presentaron valores numéricos diferentes, estos no lo son estadísticamente para la prueba de Tukey al 0.05 por ciento de probabilidad. El coeficiente de variabilidad fue de 20.230 por ciento.

La tabla 12 muestra el promedio general de los tratamientos para el porcentaje de raíces adventicias, obteniendo un valor de 75.08 por ciento. El genotipo que presentó mayor promedio fue el gen_dek con un 100% es decir que, de todas las plantas evaluadas, todas presentaron raíces adventicias. Posterior a este se ubica el genotipo 5 con 84.43 por ciento, cabe resaltar que los demás genotipos fueron similares estadísticamente a estos, a excepción del genotipo 11, que fue el que menor porcentaje de raíces adventicias tuvo, con un promedio de 59.77 por ciento. (Figura 17)



Figura 17: Prueba de comparación de medias para porcentaje de raíces adventicias de 16 genotipos de maíz amarillo duro

La tabla 13 muestra el análisis de varianza de 6 variables que fueron evaluados para determinar las diferencias en las características que presentaban las mazorcas de los diferentes genotipos utilizados mediante la prueba de Tukey al 0.05 por ciento de probabilidad.

Cabe resaltar que estas evaluaciones se realizaron después de la cosecha en el área de laboratorio.

Tabla 13: Análisis de varianza de longitud de mazorca, diámetro de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera, peso de coronta y peso de granos por mazorca

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios					
		Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca	Hileras por mazorca	Granos por hilera	Peso de Coronta	Peso de granos por mazorca
Bloques	2	0.5876	0.01266	0.0611	4.353	1.082	0.59
Genotipos	15	15.036 ***	0.07986 ***	0.8993 ***	10.052 **	8.403 ***	175.84 ***
Error	30	0.3546	0.00883	0.1594	3.577	1.444	29.22
Promedio		14.061	4.279	12.132	27.961	10.647	67.716
C.V. (%)		6.081	4.159	5.157	8.521	17.943	12.772

Longitud de mazorca

El análisis de varianza de la tabla 13 nos indica que para esta variable hubo una alta significancia estadística para la fuente de variación de los tratamientos, por lo que se puede afirmar que al menos en uno de los tratamientos evaluados mostró diferencia estadística en los promedios obtenidos. El coeficiente de variabilidad fue de 6.081 por ciento.

La tabla 14 muestra que el promedio general (15 genotipos y testigo) de longitud de mazorca el cual es 14.061 cm. El genotipo de mayor promedio fue el genotipo 13 con 15.423 cm, seguido por el genotipo 6 con 15.270 cm, ambos con similitud estadística entre sí.

El tratamiento testigo obtuvo un promedio de 14.573 cm y los de menor promedio fueron los genotipos 15, 8, 14 y 12, con 13.360 cm, 13.317 cm, 13.280 cm, 13.200 cm, respectivamente. Todos estos con similitud estadística entre sí (Figura 18).

Tabla 14: Promedios de longitud de mazorca, diámetro de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera, peso de coronta y peso de grano por mazorca

Genotipos	Longitud de Mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)	Hileras por mazorca	Granos por hilera	Peso de coronta (g)	Peso de grano (g)
gen_1	13.553	4.107	12.210	26.317	8.280	61.073
gen_2	14.677	4.513	12.330	29.663	14.193	77.603
gen_3	14.070	4.420	12.557	27.693	11.387	72.423
gen_4	13.557	4.203	11.917	27.473	10.143	60.670
gen_5	14.517	4.287	12.313	29.867	10.007	71.753
gen_6	15.270	4.320	11.140	31.440	12.083	74.093
gen_7	13.983	4.323	12.843	28.083	11.937	69.227
gen_8	13.317	4.223	12.123	27.120	10.560	62.440
gen_9	14.090	4.393	12.410	28.767	11.027	68.090
gen_10	14.523	4.227	12.000	30.977	10.303	70.727
gen_11	13.590	4.167	11.933	28.173	10.577	65.217
gen_12	13.200	4.223	11.723	26.493	10.587	61.877
gen_13	15.423	4.227	12.213	27.227	8.890	72.590
gen_14	13.280	4.203	11.890	25.867	9.200	64.127
gen_15	13.360	3.963	11.183	27.550	8.000	50.203
gen_dek	14.573	4.657	13.330	24.667	13.183	81.337
Promedio	14.061	4.279	12.132	27.961	10.647	67.716

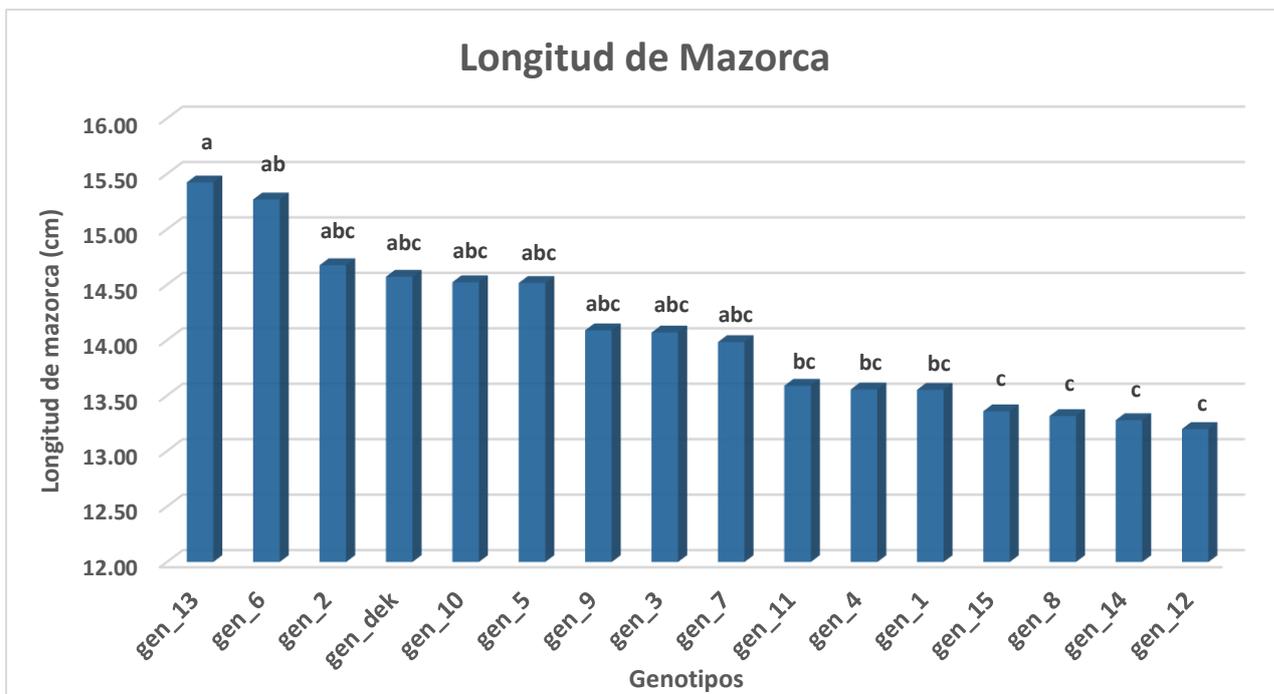


Figura 18: Prueba de comparación de medias para longitud de mazorca de 16 genotipos de maíz amarillo duro

Diámetro de mazorca

Al realizar el análisis de varianza de la tabla 13 se observa que existe una alta significancia estadística para la fuente de variación de los tratamientos, lo cual nos indica que hubo diferencias en los promedios obtenidos, es decir que al menos uno de los tratamientos mostró un diámetro promedio diferente estadísticamente frente a los demás genotipos evaluados. El coeficiente de variabilidad fue de 4.159 por ciento.

En la tabla 14 se muestra que, con respecto al diámetro de mazorca, el promedio total de los 15 genotipos y el testigo es de 4.279 cm. En esta característica evaluada el testigo es el que obtuvo el mayor valor, con un promedio de 4.657 cm, seguido por el genotipo 2 con un promedio de 4.513 cm, ambos con similitud estadística entre sí. (Figura 19)

El genotipo que presento menor promedio fue el genotipo 15 con un valor de 3.963 cm

Como se muestra en la figura 20, tres de los cuatro primeros en promedio de diámetro de mazorca, también son los que mayor rendimiento obtuvieron, pudiendo correlacionar estas dos características entre sí.

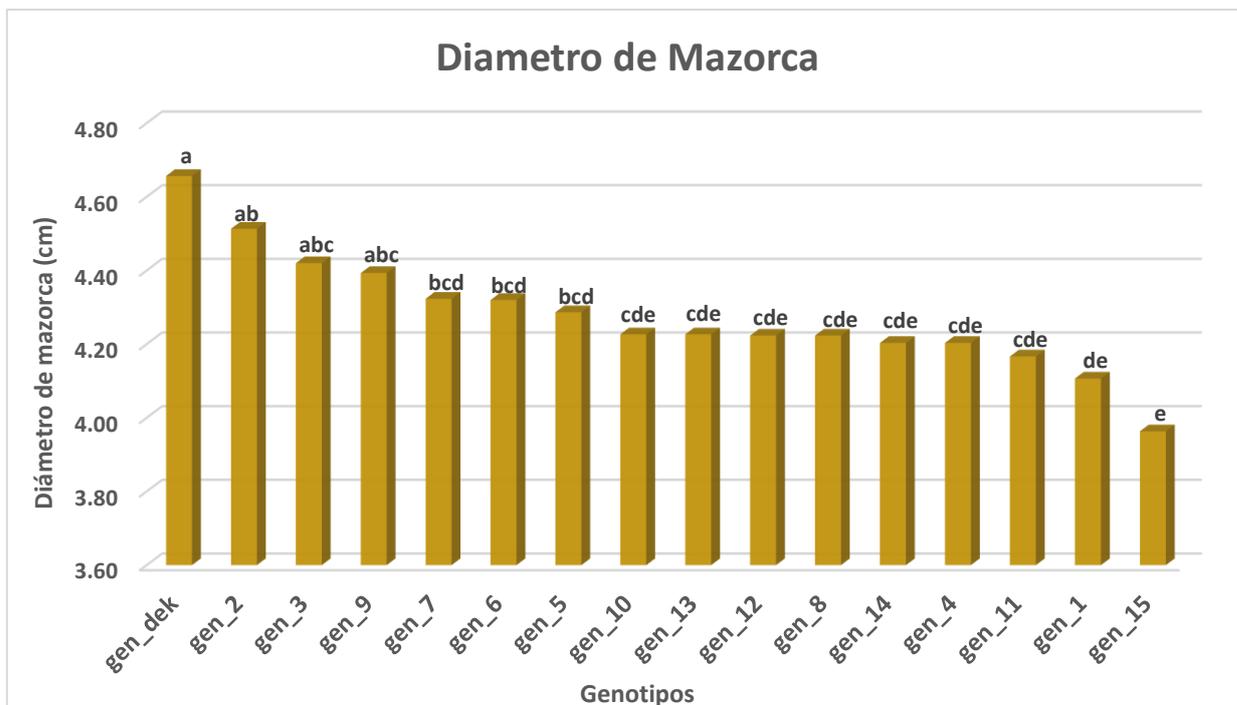


Figura 19: Prueba de comparación de medias para diámetro de mazorca de 16 genotipos de maíz amarillo duro

Hileras por mazorca

El análisis de varianza de la tabla 13 nos indica que existe una alta significancia estadística para la fuente de variación de los tratamientos, por lo que se puede afirmar que hubo diferencias en los promedios obtenidos, por lo que al menos uno de los tratamientos evaluados es estadísticamente diferente al resto. El coeficiente de variabilidad fue de 5.157 por ciento.

La tabla 14 muestra que el promedio general (15 genotipos y testigo) es de 12.132 hileras/mazorca. El tratamiento que obtuvo mayor promedio fue el testigo Dekalb-399 con 13.330, este con similitud estadística con sus sucesores continuos, hasta el genotipo 8 con 12.123 hileras/mazorca.

Los genotipos que obtuvieron el menor promedio fueron los genotipos 15 y 6, con 11.183 y 11.140 hileras/mazorca. (Figura 20)

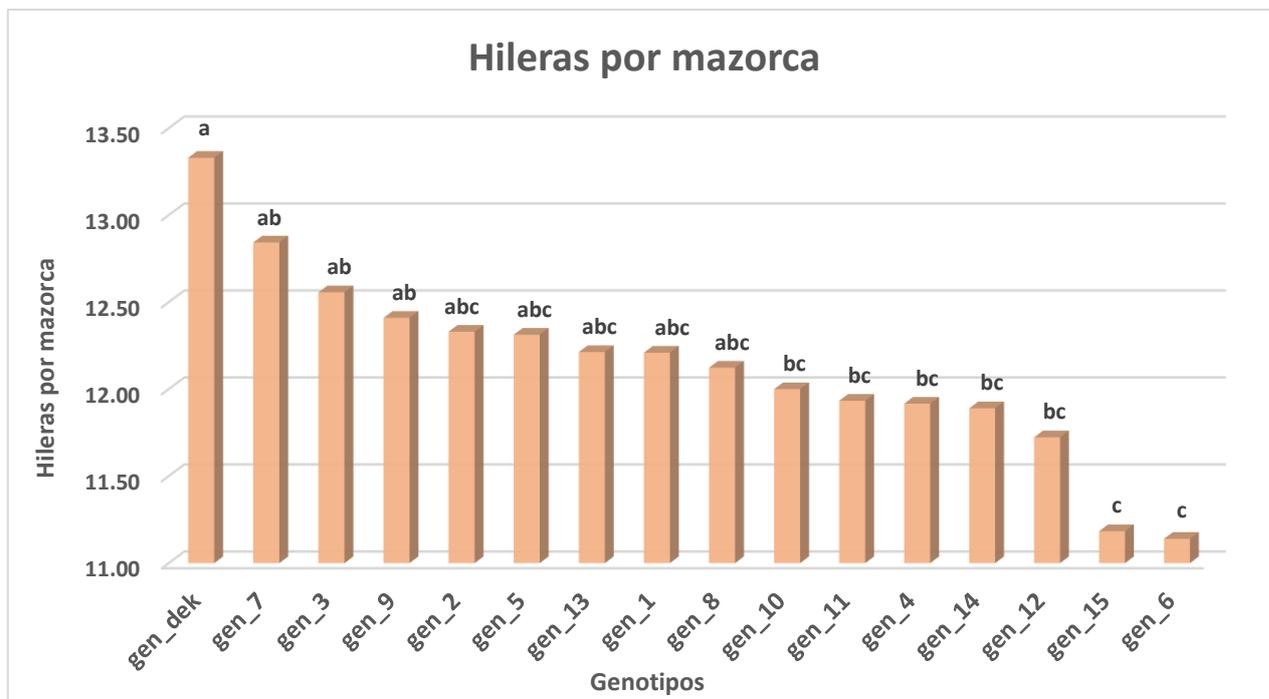


Figura 20: Prueba de comparación de medias para hileras por mazorca de 16 genotipos de maíz amarillo duro

Granos por hilera

En el análisis de varianza de la tabla 13, se puede evidenciar que existe una alta significancia estadística para la fuente de variación de los tratamientos, lo cual nos indica que hubo diferencias estadísticas en los promedios obtenidos en al menos uno de los tratamientos de esta variable. El coeficiente de variabilidad es de 8.521 por ciento.

Como indica la tabla 14, el promedio general de granos/hilera es 27.961, mientras que el genotipo que obtuvo el mejor promedio fue el genotipo 6 con 31.440, seguido por el genotipo 10 con 30.977, ambos genotipos con similitud estadística entre sí. (Figura 21)

El tratamiento que obtuvo el menor promedio fue precisamente el tratamiento testigo con 24.667 hileras/mazorca. Con esta información se puede afirmar que dado que el tratamiento testigo fue uno de los que más altos rendimientos tuvo no necesariamente este es afectado por este factor, ya que a mayor cantidad de granos por hilera no asegura un mejor rendimiento.

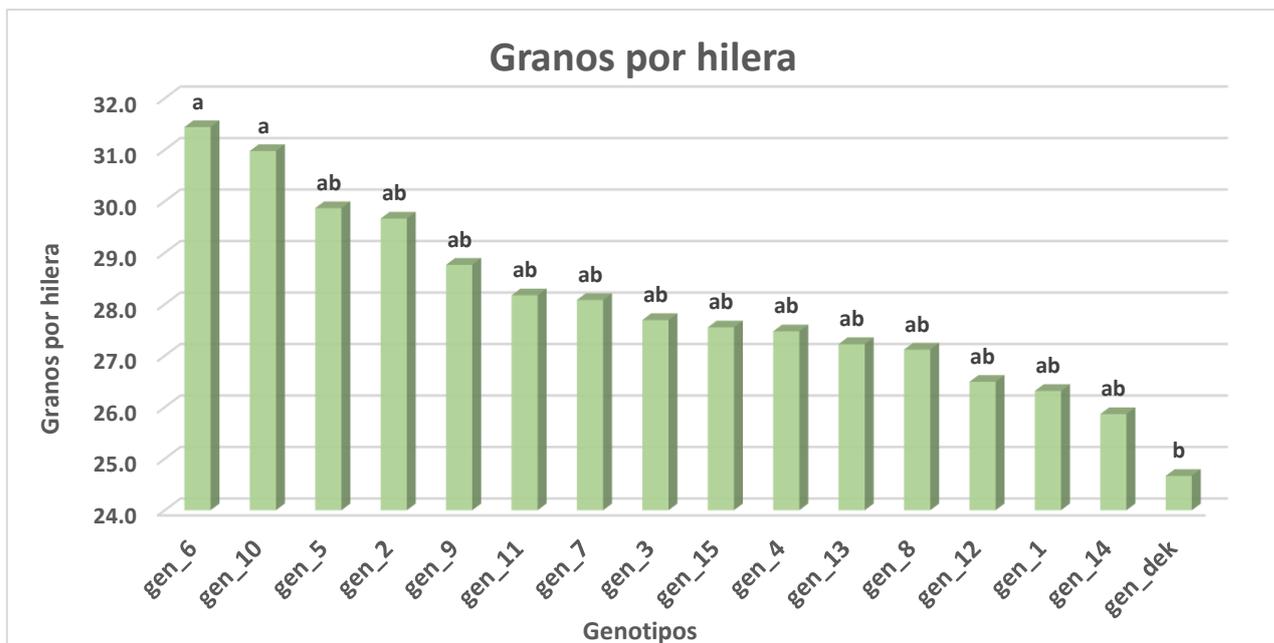


Figura 21: Prueba de comparación de medias para granos por hilera de 16 genotipos de maíz amarillo duro

Peso de coronta

En el análisis de varianza de la tabla 13 se observa que existe una alta diferencia estadística para la fuente de variación de los tratamientos, por lo que se puede afirmar que, con respecto al promedio obtenido de pesos de coronta, al menos uno de ellos muestra diferenciación estadística con respecto a los demás. El coeficiente de variabilidad fue de 17.943.

La tabla 14 muestra que el promedio general para esta variable es de 10.647 g en peso de coronta, mientras que el genotipo que presentó mayor promedio fue el genotipo 2, con 14.193 g, seguido por el tratamiento testigo con 13.183 g. Ambos tratamientos con similitud estadística entre sí. (Figura 22).

El genotipo de menor promedio obtenido fue el genotipo 15 con 8.0 g de peso de coronta.

Cabe resaltar que al comparar esta característica con la variable de diámetro de mazorca estos tienen una correlación, dado que los dos tratamientos que obtuvieron mayor y menor diámetro de mazorca, fueron los mismo que se registraron para peso de coronta.

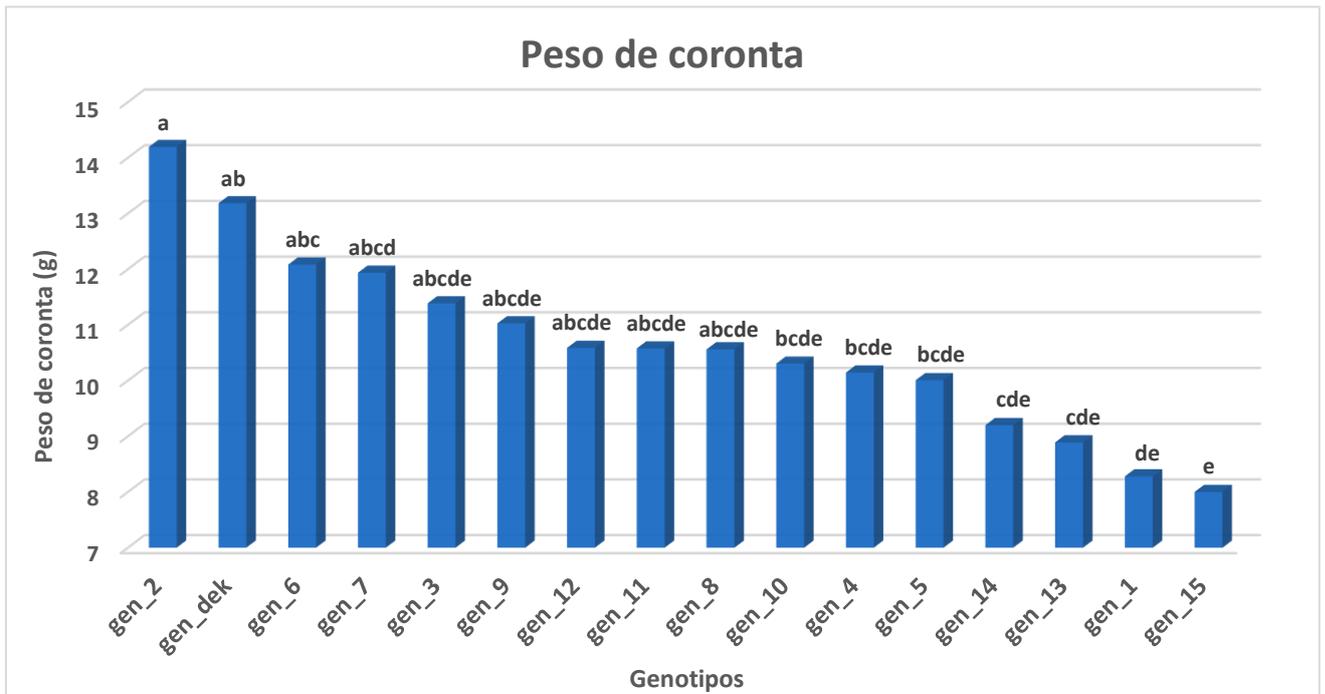


Figura 22: Prueba de comparación de medias para peso de coronta de 16 genotipos de maíz amarillo duro

Peso de grano

En esta variable se registró el peso de grano obtenido por cada mazorca evaluada separándolos independientemente para cada tratamiento.

Al realizar el análisis de varianza de la tabla 13 se observa que existe una alta significancia estadística para la fuente de variación de los tratamientos, lo cual nos indica que hubo diferencias en los promedios obtenidos, es decir que al menos uno de los tratamientos mostró un peso de grano por mazorca promedio diferente estadísticamente frente a los demás genotipos evaluados. El coeficiente de variabilidad fue de 12.772 por ciento.

En la tabla 14 se muestra que, con respecto peso de grano por mazorca, el promedio total de los 15 genotipos y el testigo es de 67.716 g. En esta característica evaluada el testigo es el que obtuvo el mayor valor, con un promedio de 81.337 g seguido por el genotipo 2 con un promedio de 77.603 g, ambos con similitud estadística entre sí. (Figura 23)

El genotipo que presento menor promedio fue el genotipo 15 con un valor de 50.203 g de peso grano por mazorca.

Cabe resaltar que, en esta variable, los dos que obtuvieron el mejor promedio, también fueron los que obtuvieron el mejor promedio en peso de coronta y en diámetro de mazorca, por lo que estas variables pudieran estar correlacionadas entre sí.

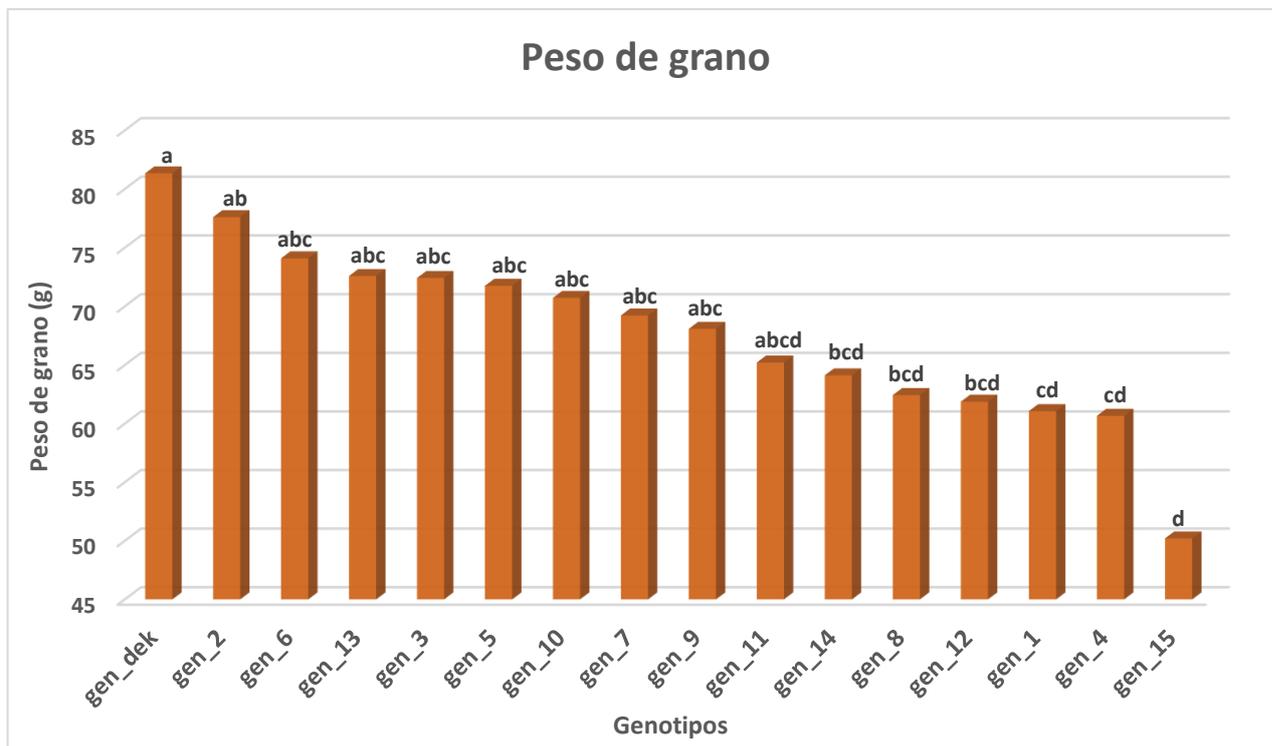


Figura 23: Prueba de comparación de medias para peso de grano por mazorca de 16 genotipos de maíz amarillo duro

4.2 De la identificación de familias promisorias

Para el desarrollo de este punto se tomaron en cuenta siete características que se consideraron más importantes, las cuales fueron floración masculina, peso de 1000 granos, granos por mazorca, porcentaje de desgrane, prolificidad, resistencia a plaga principal y rendimiento de grano. Con estas características se realizó un diagrama radial el cual permite asociarlos con todos los tratamientos evaluados de tal manera que se pueda hacer una selección independiente para cada factor. (Figura 24)

Los puntos que se encuentran más alejados del centro del diagrama radial son los que mejor respondieron para dichas características. Con respecto a la floración femenina, el genotipo 6 fue el tratamiento más precoz de todos, el genotipo 6 a su vez presentó el mayor peso de 1000 granos, el genotipo 13 como el de mayor porcentaje de desgrane, el genotipo 10 con el mayor valor en índice de prolificidad y el genotipo 2 como el tratamiento de mayor cantidad de granos por mazorca y el de mejor rendimiento de grano.

IDENTIFICACIÓN DE FAMILIAS PROMISORIAS

gen_1 gen_2 gen_3 gen_4 gen_5 gen_6 gen_7 gen_8
gen_9 gen_10 gen_11 gen_12 gen_13 gen_14 gen_15

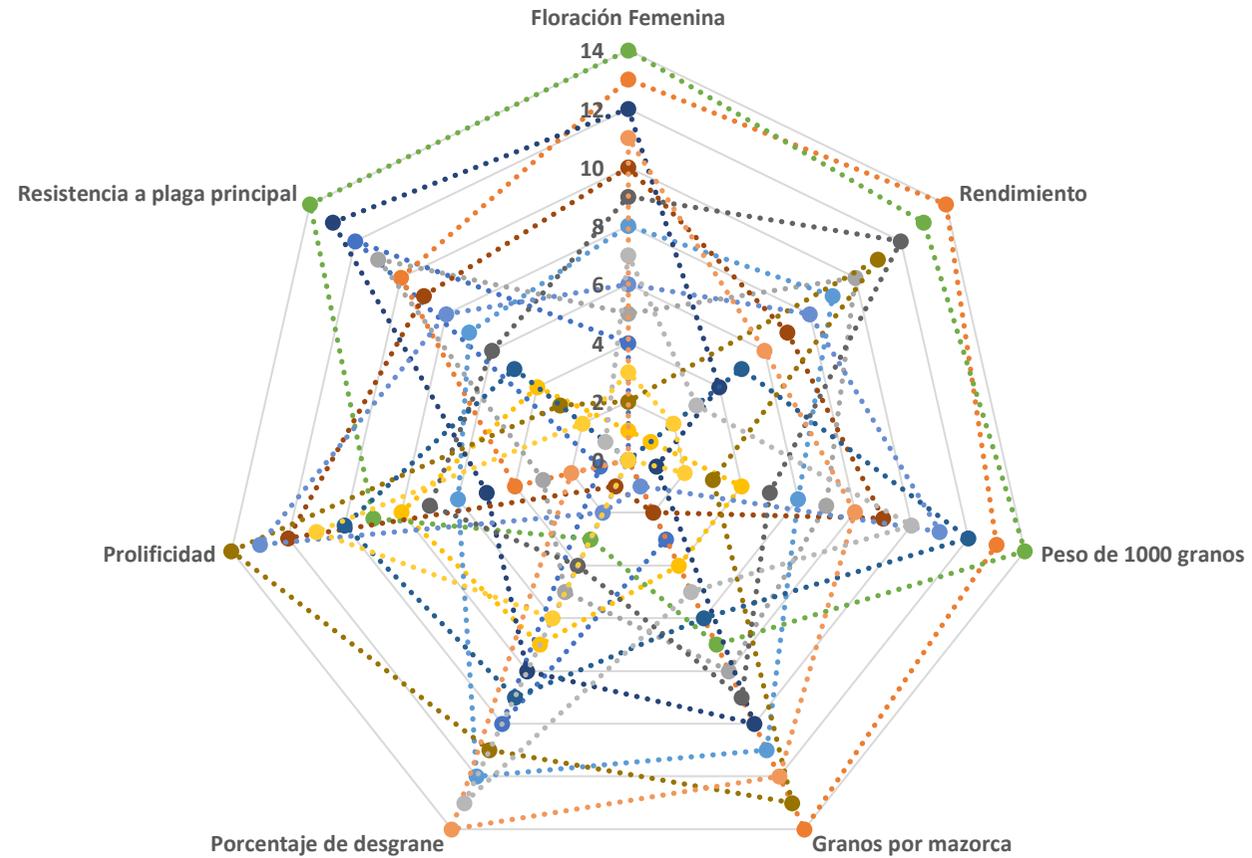


Figura 24: Identificación de familias de medios hermanos promisorias de maíz amarillo duro

Con respecto a la resistencia a plaga principal, se consideró únicamente el ataque de *Diatraea saccharalis* durante toda la campaña, las evaluaciones para esta plaga se realizaron tomando 15 plantas al azar por cada bloque y se determinó el promedio para cada genotipo, de tal manera, se clasificó como el de mayor resistencia al genotipo en el que se registró el menor número de perforaciones, y el más susceptible al genotipo que presentó mayor promedio de perforaciones en su tallo de esta especie de plaga. (Anexo 19)

Finalmente, mediante las siguientes características se puede hacer una selección de acuerdo a las características que se puede obtener posteriormente o mediante cruzamientos poder optimizar alguna de estas variables para su máximo aprovechamiento.

Tabla 15: Asignación de valores a los genotipos de acuerdo a la respuesta de 7 características evaluadas.

Genotipos	Floración femenina	Rendimiento	Peso de 1000 granos	Granos por mazorca	Porcentaje de desgrane	Prolificidad	Resistencia a plaga principal	Valoración
gen_1	4	0	0	3	10	1	12	4,29
gen_2	13	14	13	14	0	4	9	9,71
gen_3	5	10	7	8	5	3	11	7,00
gen_4	1	1	4	4	7	8	4	4,14
gen_5	8	9	6	11	12	6	7	8,43
gen_6	14	13	14	7	3	9	14	10,57
gen_7	12	4	1	10	8	5	13	7,57
gen_8	10	7	9	2	1	12	10	7,14
gen_9	9	12	5	9	4	7	6	7,43
gen_10	2	11	3	13	11	14	3	8,14
gen_11	0	5	12	6	9	10	5	6,71
gen_12	6	8	11	1	2	13	8	7,00
gen_13	11	6	8	12	14	2	0	7,57
gen_14	7	3	10	5	13	0	1	5,57
gen_15	3	2	2	0	6	11	2	3,71

Para preparar al diagrama radial se elaboró una escala de valores del 0 al 14. A los genotipos con mejor respuesta se les asignó el valor de 14 y a los de pobre respuesta el valor de 0; este

criterio se mantuvo para las 7 características de selección. En base al promedio de respuesta total y aplicando una presión de selección del 20 por ciento, se identificó a 3 genotipos de un total de 15, estos fueron: gen_6, gen_2 y gen_5.

V. CONCLUSIONES

Las 15 familias de medios hermanos de maíz amarillo duro evaluadas en Pucallpa en la campaña de febrero – junio del 2019 tuvieron un comportamiento variable. La floración femenina se presentó entre los 62 y 66 días después de la siembra, el rendimiento de grano de 1687.47 a 2804.33 kg/ha, el peso de 1000 granos de 211.39 a 244.69 gramos, el número de granos por mazorca de 314.65 a 355.86 granos, el porcentaje de desgrane de 83.63 a 88.54%, la prolificidad de 1.02 a 1.16 mazorcas/planta y la resistencia a plaga principal de 11.33 a 19.00 individuos/planta.

En base al promedio de respuesta para las características: floración femenina, rendimiento de grano, peso de 1000 granos, numero de granos por mazorca, porcentaje de desgrane, prolificidad, resistencia a plaga principal y aplicando una presión de selección del 20 por ciento, se identificó a 3 familias de medios hermanos promisorias de un total de 15, estos fueron: gen_6, gen_2 y gen_5.

VI. RECOMENDACIONES

Repetir el ensayo en otra época de siembra u otro ambiente de la selva para poder estimar la estabilidad de los genotipos.

Con las familias seleccionadas, realizar estudios agronómicos como: densidad de siembra, dosis de fertilización y control de plagas.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. ALVARADO, A.; CABELLO, L.; GÓMEZ, K. 2015. Análisis de la cadena agroalimentaria del maíz amarillo y su influencia en la economía del Perú (en línea). Tesis título economista, Universidad Nacional Hermilio Valdizan. Consultado 22 ene. 2019. Disponible en: http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNHE_1e312556dfa2052d7d01854d8640c769/Description#tabnav. 7p.
2. BAYER. 2019. Híbrido de maíz amarillo DK-399. Colombia.
3. BEADLE, G.W. 1939. Teosinte and the origin of maize. *J. Hered.*, 30: 245-247.
4. BEADLE, G.W. 1978. Teosinte and the origin of maize. In D.B. Walden, ed. *Maize breeding and genetics*, p. 113-128. New York, NY, USA, J. Wiley & Sons.
5. BEADLE, G.W. 1980. The ancestry of corn. *Sci. Am.*, 242: 112-119.
6. BEWLEY, J.; BLACK, M. 1994. Seeds: germination, structure and composition. In *Seeds: physiology of development and germination*. 2. ed. New York, Plenum. p. 1-3.
7. BOCANEGRA, S. 1953. El maíz híbrido en la costa peruana. Programa cooperativo experimental agropecuario. MINAG.
8. BORÉM, A.; CONDORI, M.; GLAUCO, M. 2008. *Mejoramiento de plantas*. 4 ed. Viosa MG, Brasil, Editora UFV. 438 p.
9. BYERLEE, D.; SAAD, L. 1993. CIMMYT's economic environment to 2000 and beyond - a revised forecast. México, DF, CIMMYT.
10. CARRERA, M.; GALÁN V.; GONZÁLES, F.; HIDALGO L.; BORREGO, V.; MATEO, J.; NAVARRO, J.; DE LA PUERTA, C.; ZARAGOZA, A. 2005. *Prontuario de agricultura cultivos agrícolas*. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. España. 917 p.
11. CROPCHECK CHILE. 2011. *Manual de recomendaciones Cultivo de maíz grano*. Fundación Chile. Santiago, Chile. 40 p.

12. CROSBIE, T.M.; MOCK, J.J. 1981. Changes in physiological traits associated with grain yield improvement in three maize breeding programs. *Crop Science* 21 (2):255-259.
13. CUBERO, J. 2013. *Introducción a la mejora genética vegetal*. 3 ed. España, Mundiprensa. 600 p.
14. CIMMYT. 1988. *Maize production regions in developing countries*. Mexico, DF, Maize Program, CIMMYT.
15. CIMMYT. 1994. *1993/94 World maize facts and trends*. Mexico, DF, CIMMYT.
16. DOEBLEY, J.; STEC, A.; WENDEL, J.; EDWARDS, M. 1990. Genetic and morphological analysis of a maize-teosinte F2 population: implications for the origin of maize. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 87: 9888-9892.
17. DOEBLEY, J.; STEC, A. 1991. Genetic analysis of the morphological differences between maize and teosinte. *Genetics*, 129: 285-295.
18. DOEBLEY, J.; STEC, A. 1993. Inheritance of the morphological differences between maize and teosinte: comparison of results for two F2 populations. *Genetics*, 134: 559-570.
19. DORWEILER, J.; STEC, A.; KERMICLE, J.; DOEBLEY, J. 1993. Teosinte glume architecture 1: a genetic locus controlling a key step in maize evolution. *Science*, 262: 233-235.
20. DUNCAN, W.G. 1975. Maize. In *Crop physiology: some case histories*. Ed. by L.T. Evans. London, Cambridge University Press, p. 23-50.
21. EGHAREVBA, P.N.; HARROCKS, R.D.; ZUBER, M.S. 1976. Dry matter accumulation in maize response to defoliation. *Agronomy Journal* 68(1):40-43.
22. EIK, K.; HANWAY, J. 1966. Leaf area in relation to yield of corn grain. *Agronomy Journal* 58(1):16-18.
23. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). 1993. *El maíz en la nutrición humana (en línea)*. Roma, Italia. Consultado 4 feb. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/t0395s/T0395S00.htm>
24. FAOSTAT. (2019). *FAOSTAT Data base*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 1.
25. FASSIO A.; CARRIQUIRY A.; TOJO C.; ROMERO R. 1998. *Maíz: Aspectos sobre fenología*. INIA La Estanzuela, Uruguay. p. 1-7.
26. GONZALES, U. 1995. *El maíz y su conservación*. México, Trillas. 399 p.

27. GOOGLE. (s.f.). [Mapa de Campo Verde, Pucallpa, Perú en Google maps]. Recuperado el 24 de febrero, 2019, de:
[https://www.google.com/maps/place/8°29'03.4"S+74°50'47.0"W/@-8.4842778,-74.8485776,775m/data=!3m2!1e3!4b1!4m6!3m5!1s0x0:0x0!7e2!8m2!3d-8.4842669!4d-74.8463739](https://www.google.com/maps/place/8°29'03.4)
28. HAY, R.K.; WALKER, A.J. 1989. An introduction to the physiology of crop yield. Essex, UK, Longman Scientific and Technical.
29. HOYT, P.; BRADFIELD, R. 1962. Effect of varying leaf área by partial defoliation and plant density on dry matter production in corn. *Agronomy Journal* 54(6):523-525.
30. HUAMACHUMO DE LA CUBA, C. 2013. La cadena de valor de maíz en el Perú: diagnóstico del estado actual, tendencias y perspectivas (en línea). Lima, Perú, IICA. Consultado 28 ene. 2019. Disponible en <http://www.iica.int/es/content/la-cadena-de-valor-de-ma%C3%ADz-en-el-per%C3%BA> . 106 p.
31. INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2018. Perú Panorama económico departamental marzo 2018 (en línea). Lima, Perú. 28 p. Informe técnico N.º 03. Consultado 28 ene. 2019. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/buscador/?tbusqueda=panorama+econ%C3%B3mico+departamental>
32. INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). 2012. INIA liberó nuevo híbrido de maíz amarillo que produce 14 toneladas por hectárea (en línea). Consultado 22 ene. 2019. Disponible en: <http://www.inia.gob.pe/sala-de-prensa/notas-de-prensa/239-inia-libero-nuevo-hibrido-de-maiz-amarillo-que-produce-14-toneladas-por-hectarea>
33. KIESSELBACH, T. 1949. The structure and reproduction of corn. ed. Agricultural Experiment Station, University of Nebraska. USA. 101 p.
34. KIESSELBACH, T. 1980. The structure and reproduction of corn. 93 p.
35. KUHN, W.E.; STUCKER, R.E. 1976. Effect of increasing morphological component expression on yield in corn. *Crop Science* 16(2):270-274.
36. LISTMAN, G.M.; ESTRADA, F.P. 1992. Mexican prize for the giant maize of Jala: source of community pride and genetic resources conservation. *Diversity*, 8: 14-15.
37. LONGLEY, A.E. 1941. Chromosome morphology in maize and its relatives. *Bot. Rev.*, 7: 263-289.

38. MACROBERT, J.; SETIMELA, P.; GETHI, J.; y WORKU, M. 2015. Manuel de producción de semilla de maíz híbrido. Centro Internacional de mejoramiento de maíz y trigo (CIMMYT). México. 1-2 pp.
39. MAGALHAES, A.; SILVA, W.J. 1987. Determinantes genético-fisiológicos da produtividade do milho: melhoramiento y produgáo do milho. Sao Paulo, Fundagáo Cargill. p. 425.
40. MANRIQUE, A.; FEGAR, W.; SÁNCHEZ, H.; NORIEGA, V.; BORBOR, M.; CHURA, J.; CASTILLO, J.; SARMIENTO, J. 1993. Manual del maíz para la costa. 1 ed. Perú. 93 p.
41. MANRIQUE, P. 1990. Manuales para Educación Agropecuaria: Maíz 1 990. Editorial Trillas. México. Págs. 19,20.
42. MANRIQUE, A. 1997. El maíz en el Perú. Segunda edición. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). Lima. 362p.
43. MAROTO, J. 1998. Horticultura herbácea especial. 4ta. Edición. Ediciones Mundi Prensa. Madrid-España. 589-593 pp.
44. MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, Perú). 2017. Ficha técnica de requerimientos agroclimáticos del cultivo de maíz amarillo duro. Consultado el 19 agosto 2019. Disponible en: <http://minagri.gob.pe/portal/informacion-agroclimatica/fichas-tecnicas-2018?download=14058:ficha-tecnica-cultivo-de-maiz-amarillo-duro>.
45. MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, Perú). 2018. Boletín de maíz amarillo duro, precios nacionales e internacionales. Consultado 28 ene. 2019. Disponible en <http://minagri.gob.pe/portal/boletin-de-maiz-amarillo-duro/maiz-2018>
46. MUCHOW, R.C.; SINCLAIR, T.R. 1994. Nitrogen response of photosynthesis and canopy radiation use efficiency in field-grown maize and sorghum. *Crop Sci.*,34: 721-727.
47. NORMAN, M.J.; PEARSON, C.J.; SEARLE, P.G. 1995. The ecology of tropical food crops. New York, NY, USA, Cambridge University Press. 430 pp.
48. ORR, H.A.; COYNE, J.A. 1992. The genetics of adaptation - a reassessment. *Am. Nato.*, 140: 725.
49. ORTAS, L. 2008. Boletín N°7: El cultivo del maíz: fisiología y aspectos generales (En línea), MX. Consultado el 30 de junio 2019. Disponible en: <http://nolaboreo.es/publicaciones/articulos/pdf/maiz.pdf>

50. OSCA, J. 2007. Cultivos herbáceos extensivos: cereales. España. Universidad Politécnica de Valencia. 252 p.
51. PALIWAL, R; GRANADOS, G; LAFITTE, H; VIOLIC, A. 2001. El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción (en línea). Roma, Italia, FAO. Consultado 28 ene. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s00.htm>
52. PEARSON, C.J.; HALL, A.J. 1984. Maize and pearl millet. In C.J. Pearson, ed. Control of crop productivity, p. 141-158. New York, NY, USA, Academic Press.
53. PLAUT, Z.; BLUM, A.; ARNON, I. 1969. Effect of soil moisture regime and row spacing on grain sorghum production. *Agronomy Journal* 61(3):344-347.
54. REVELO, M. 2006. Proyecto de prefactibilidad para la comercialización de maíz (En línea). Consultado el 19 de agosto del 2019. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/575/1/T-UTB-FACIAG-AGR-000101.pdf>
55. ROJAS, A.L.; CASAS, G.A. 1987. Desarrollo de la planta y ciclo del cultivo, en Argentina. Comisión de Maíz. AACREA-Cargill. Cuaderno de Actualización Técnica no. 42. p. 13-20.
56. RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. 1986. How a corn plant develops. Ames, Iowa State University. Special report N.º 48. 21 p.
57. SALHUANA, W.R. 2004. Diversidad y descripción de las razas de maíz en el Perú. Cincuenta años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM). La Molina. Lima-Perú. 204-251 p.
58. SÁNCHEZ, P.A. 1976. Properties and management of soils in the tropics. New York, NY, USA, J. Wiley & Sons. 618 p.
59. SEVILLA, R. 1991. Genética del maíz. En: Mejoramiento genético del maíz. 13avo. curso corto. Lima – Perú. 1-41 p.
60. SINCLAIR, T.R.; HORIE, T. 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: a review. *Crop Sci.*, 29: 90-98.
61. SPG (Sociedad Peruana de Genética). 2002. El mejoramiento genético de las plantas en el Perú. Perú. 335 p.
62. SQUIRE, G.R. 1990. The physiology of tropical crop production. Oxon, UK, CAB International. 236 pp.
63. TOYER, A.F.; BROWN, W.L. 1976. Selection for early flowering in corn: seven late synthetics. *Crop Science* 16(6):767-773.

64. WILKES, H.G. 1979. Mexico and Central America as a centre for the origin of agriculture and the evolution of maize. *Crop Improv.*, 6(1): 1-18.
65. WILKES, H.G. 1985. Teosinte: the closest relative of maize revisited. *Maydica*, XXX: 209-223.
66. Zegarra Eduardo. 2014. Debate Agrario, análisis y alternativas: Situación del mercado de semillas de maíz amarillo duro y moratoria a la entrada de semillas transgénicas (en línea). *Debate Agrario* (46): 67-91. Consultado 22 ene. 2019. Disponible en <http://www.cepes.org.pe/debate/debate46/debate.htm>.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Análisis físico-químico del suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES
ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN



Solicitante : CRISTIAN ROMERO VARGAS

Departamento : UCAYALI
 Distrito : CALLERIA
 Referencia : H.R. 66775-008C-19

Provincia : CORONEL PORTILLO
 Predio :
 Fecha : 24/01/19

Bolt.: 2472

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g			Suma de Cationes Bases	Suma de Sat. De Bases	%		
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺				Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺
220		4.37	0.16	0.00	1.34	3.7	140	66	22	12	Fr.A.	8.64	1.20	0.52	0.41	0.09	0.15	2.36	2.21	26

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Sady García Bendezu
 Jefe del Laboratorio

Anexo 2: Registros meteorológicos de la estación “Las palmeras de Ucayali” (SENAMHI)

Fecha	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Media (°C)	HR (%)	Precipitación (mm)
23/02/2019	33.4	22.0	27.7	86.3	0
24/02/2019	32.6	21.5	27.1	90.4	1.4
25/02/2019	33.9	22.2	28.1	85.2	0
26/02/2019	31.2	23.2	27.2	92.4	6.8
27/02/2019	31.4	22.6	27.0	92.5	0
28/02/2019	26.4	23.0	24.7	97.8	5.6
01/03/2019	25.6	23.2	24.4	97.5	38.1
02/03/2019	30.6	21.2	25.9	90.2	0
03/03/2019	32.9	19.6	26.3	86.3	0
04/03/2019	32.8	22.0	27.4	87.0	0
05/03/2019	33.7	21.9	27.8	88.7	0
06/03/2019	28.6	23.6	26.1	91.6	0
07/03/2019	32.6	23.2	27.9	87.4	0
08/03/2019	33.2	23.3	28.3	91.1	64.0
09/03/2019	25.6	23.0	24.3	95.7	13.1
10/03/2019	30.2	22.8	26.5	91.9	3.8
11/03/2019	32.8	23.6	28.2	88.2	0
12/03/2019	32.6	22.4	27.5	93.4	3.3
13/03/2019	30.2	22.6	26.4	93.3	5.2
14/03/2019	33.1	23.6	28.4	87.9	15.5
15/03/2019	29.4	23.5	26.5	96.3	0
16/03/2019	31.5	22.8	27.2	91.8	0
17/03/2019	32.8	21.9	27.4	88	29.9
18/03/2019	34.0	21.9	28.0	90.8	0.8
19/03/2019	28.6	23.9	26.3	94.4	0
20/03/2019	32.0	22.4	27.2	91.3	24.1
21/03/2019	32.8	21.6	27.2	89.9	0
22/03/2019	31.2	22.7	27.0	92.3	6.0
23/03/2019	30.0	23.0	26.5	91.8	6.5
24/03/2019	32.1	22.2	27.2	90.4	0
25/03/2019	33.4	23.2	28.3	88.7	0
26/03/2019	32.2	23.8	28.0	89.6	0

Continuación

Fecha	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Media (°C)	HR (%)	Precipitación (mm)
27/03/2019	29.2	23.8	26.5	90.6	5.2
28/03/2019	26.8	23.2	25.0	94.8	37.2
29/03/2019	26.2	23.0	24.6	97.8	19.5
30/03/2019	29.4	22.8	26.1	92.7	0
31/03/2019	33.8	21.2	27.5	87.7	0
01/04/2019	34.3	23.1	28.7	89.0	2.6
02/04/2019	32.0	24.0	28.0	93.3	3.9
03/04/2019	31.9	21.8	26.9	94.2	9.8
04/04/2019	32.9	22.6	27.8	86.9	0
05/04/2019	32.5	23.2	27.9	92.9	0.6
06/04/2019	29.3	23.9	26.6	97.6	48.2
07/04/2019	27.8	18.3	23.1	85.5	0
08/04/2019	30.6	20.1	25.4	84.7	0
09/04/2019	32.2	17.6	24.9	84.1	0
10/04/2019	32.8	18.6	25.7	86.2	0
11/04/2019	33.1	19.2	26.2	86.1	0
12/04/2019	32.9	21.2	27.1	86.9	1.3
13/04/2019	28.1	23.6	25.9	96.1	0
14/04/2019	32.1	21.2	26.7	88.1	0
15/04/2019	34.3	21.7	28.0	87.5	0
16/04/2019	33.6	22.7	28.2	88.0	0.1
17/04/2019	31.6	23.2	27.4	91.1	0
18/04/2019	32.2	21.6	26.9	89.2	0
19/04/2019	33.0	22.6	27.8	92.5	2.3
20/04/2019	31.6	23.3	27.5	92.0	0.2
21/04/2019	33.5	21.9	27.7	86.1	0
22/04/2019	34.0	22.4	28.2	88.7	0
23/04/2019	34.0	21.2	27.6	85.8	14.0
24/04/2019	26.4	22.2	24.3	98.3	15.6
25/04/2019	31.2	22.6	26.9	89.4	0
26/04/2019	32.7	22.0	27.4	89.5	0
27/04/2019	32.0	23.2	27.6	91.9	0.3
28/04/2019	28.6	23.5	26.1	92.3	6.1

Continuación

Fecha	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Media (°C)	HR (%)	Precipitación (mm)
29/04/2019	32.4	22.1	27.3	91.1	0
30/04/2019	32.8	21.7	27.3	86.4	0
01/05/2019	30.6	22.8	26.7	92.6	3.7
02/05/2019	32.8	21.3	27.1	89.0	0
03/05/2019	32.6	22.4	27.5	89.6	0
04/05/2019	32.8	21.2	27.0	85.9	0.2
05/05/2019	30.0	22.9	26.5	91.7	75.1
06/05/2019	31.6	22.0	26.8	90.9	0
07/05/2019	33.8	20.4	27.1	87.9	0
08/05/2019	34.0	21.8	27.9	84.7	0
09/05/2019	32.2	23.0	27.6	92.0	0.4
10/05/2019	34.6	21.2	27.9	87.0	0
11/05/2019	33.6	21.7	27.7	86.4	0
12/05/2019	28.4	23.0	25.7	98.1	48.3
13/05/2019	27.2	23.8	25.5	98.3	38.7
14/05/2019	26.8	21.4	24.1	92.3	0
15/05/2019	28.6	20.8	24.7	84.6	0
16/05/2019	29.5	17.4	23.5	88.2	0
17/05/2019	30.2	19.3	24.8	89.9	0
18/05/2019	30.8	19.4	25.1	91.0	0
19/05/2019	32.1	19.0	25.6	92.4	0
20/05/2019	29.0	21.5	25.3	93.9	0
21/05/2019	30.9	21.8	26.4	89.4	0
22/05/2019	31.4	21.3	26.4	90.1	0
23/05/2019	31.6	20.8	26.2	93.2	16.4
24/05/2019	31.2	20.6	25.9	91.2	27.2
25/05/2019	25.4	21.6	23.5	94.3	0.6
26/05/2019	28.6	19.6	24.1	92.5	0
27/05/2019	30.4	19.4	24.9	91.1	0
28/05/2019	31.8	20.4	26.1	90.4	0
29/05/2019	32.0	20.8	26.4	90.6	2.8
30/05/2019	33.4	22.4	27.9	90.9	0
31/05/2019	33.4	20.8	27.1	88.3	0

Continuación

Fecha	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Media (°C)	HR (%)	Precipitación (mm)
01/06/2019	33.6	21.4	27.5	87.8	0
02/06/2019	31.7	22.0	26.9	90.7	0.8
03/06/2019	31.4	22.2	26.8	86.2	0
04/06/2019	27.7	22.5	25.1	89.1	0
05/06/2019	30.4	19.4	24.9	87.6	0
06/06/2019	32.0	19.4	25.7	87.5	0
07/06/2019	32.8	20.0	26.4	85.6	0
08/06/2019	31.4	21.2	26.3	88.1	0
09/06/2019	26.4	21.6	24.0	87.0	6.3
10/06/2019	30.4	20.4	25.4	89.8	0
11/06/2019	32.2	19.3	25.8	86.5	0
12/06/2019	32.8	20.2	26.5	88.7	0
13/06/2019	33.2	20.4	26.8	87.8	0

Anexo 4: Instalación del experimento (Fecha: 23-02-2019)



Anexo 5: Plántulas de maíz a los 25 días después de la siembra



Anexo 6: Primera fertilización edáfica



Anexo 7: Monitoreo visual del campo (65 dds)



Anexo 8: Control manual de malezas



Anexo 9: Campo de maíz post desmalezado



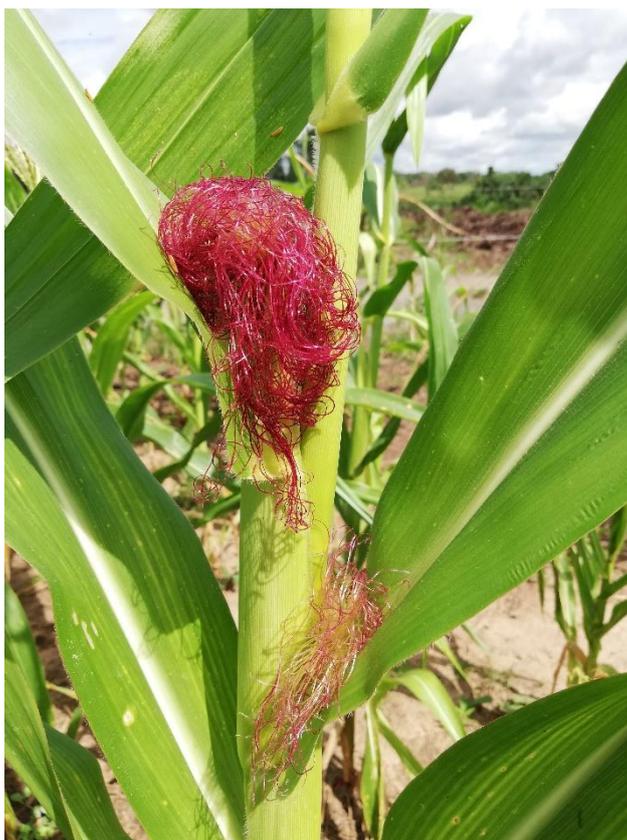
Anexo 10: Iniciación de la floración masculina del maíz



Anexo 11: Iniciación de la floración femenina del maíz



Anexo 12: Formación de la mazorca de maíz



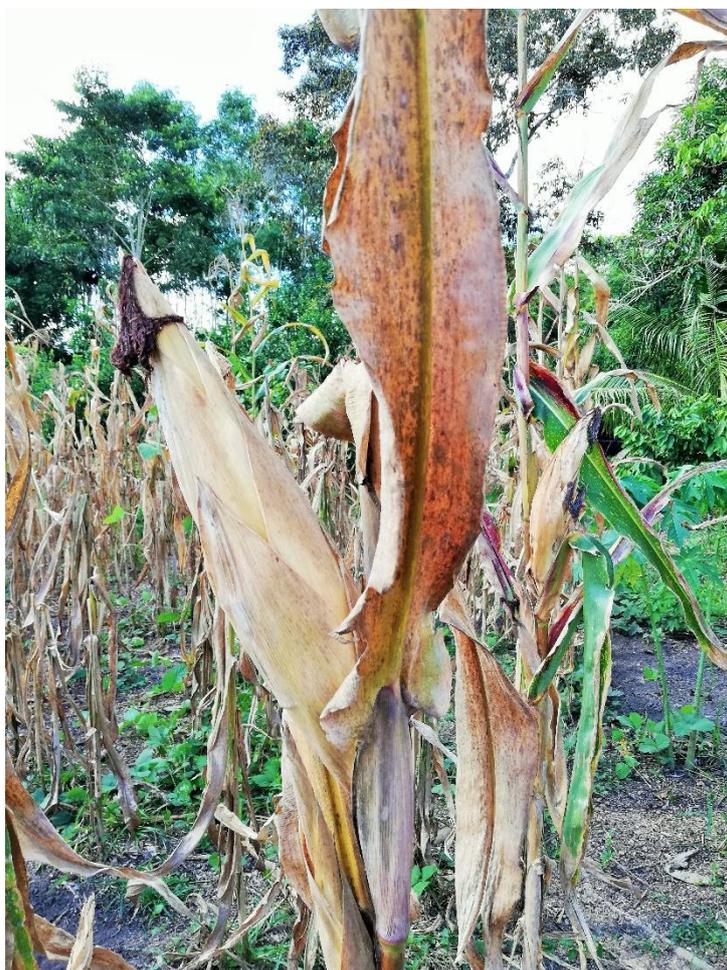
Anexo 13: Llenado de grano de la mazorca de maíz



Anexo 14: Evaluación de características morfológicas del maíz



Anexo 15: Mazorcas en etapa fisiológica de cosecha



Anexo 16: Evaluación en gabinete del producto cosechado



Anexo 17: Perforaciones en tallo de maíz hechas por *Diatraea saccharalis*



Anexo 18: Daño severo en tallo de maíz ocasionado por *Diatraea saccharalis*



Anexo 19: Registro de evaluaciones en campo de *Diatraea saccharalis*

Genotipos	Desarrollo vegetativo		Floración		Maduración			Total de perforaciones
	48dds	54dds	62dds	69dds	75dds	84dds	96dds	
gen_dek	0.67	1.67	1.33	1.67	3.33	2.33	8.67	19.67
gen_13	0.33	0.33	1.00	2.33	4.33	2.67	8.00	19.00
gen_14	0.67	0.67	1.33	2.33	4.00	2.33	7.33	18.67
gen_15	0.33	1.00	2.00	2.00	3.33	2.67	7.33	18.67
gen_10	0.67	0.67	1.00	1.33	4.33	2.67	7.67	18.33
gen_4	0.67	0.67	1.33	0.67	3.00	2.33	6.67	15.33
gen_11	0.33	1.00	1.00	1.67	2.00	2.33	6.67	15.00
gen_9	0.33	0.33	1.67	2.33	3.67	1.33	5.00	14.67
gen_5	0.00	1.00	0.33	1.00	2.67	2.67	6.67	14.33
gen_12	0.00	0.33	1.00	2.67	3.67	2.67	3.67	14.00
gen_2	0.67	0.67	0.33	2.00	3.33	2.33	4.33	13.67
gen_8	0.00	0.67	1.67	1.00	2.33	1.67	6.33	13.67
gen_3	0.00	0.67	1.33	2.33	3.00	1.67	3.67	12.67
gen_1	0.67	0.33	1.00	1.33	4.00	1.33	4.00	12.67
gen_7	0.33	0.67	0.67	1.00	2.00	2.33	5.33	12.33
gen_6	0.67	1.00	0.00	1.00	2.67	3.00	3.00	11.33
T° MEDIA	27.10	26.90	27.40	27.50	27.60	25.10	27.90	-
%HR	86.90	86.70	89.60	88.70	91.40	91.20	88.90	-