

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN MEJORAMIENTO GENÉTICO DE
PLANTAS**



**“ESTABILIDAD DE HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.)
AMARILLO DURO EN PERÚ”**

**Presentada por:
KEVIN ISRAEL RODAS BACA**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
MAGISTER SCIENTIAE EN MEJORAMIENTO GENÉTICO DE
PLANTAS**

Lima - Perú

2023

TESIS FINAL

INFORME DE ORIGINALIDAD

2%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

- 1** Yasmín Araceli Gálvez Muñoz, María Esther Cea, Julia María Lesher Gordillo, Luis Latournerie-Moreno et al. "Comparación molecular de poblaciones de chile (*Capsicum spp.*) de Tabasco y Chiapas, México", Bioagro, 2020
Publicación <1%
- 2** "Unternehmensbefragung zur integrativen Verknüpfung des Supply Chain Managements und Umweltengagements in der Ernährungsindustrie", Umweltfokussiertes Supply Chain Management, 2007
Publicación <1%
- 3** Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD
Trabajo del estudiante <1%
- 4** rid.unrn.edu.ar
Fuente de Internet <1%
- 5** Carlos Eduardo Paro. "A jornada da experiência do consumidor em aplicativos de <1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN MEJORAMIENTO GENÉTICO DE
PLANTAS**

**“ESTABILIDAD DE HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.)
AMARILLO DURO EN PERÚ”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

KEVIN ISRAEL RODAS BACA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Javier Arias Carbajal
PRESIDENTE

Mg.Sc Julián Chura Chuquiya
ASESOR

Dr. Félix Camarena Mayta
MIEMBRO

M.S. Ricardo Sevilla Panizo
MIEMBRO

*Dedicada a
mi esposa Saraí, gracias por tu amor, apoyo y paciencia.*

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso quien ha iluminado mi camino, brindándome la fortaleza y salud para terminar este proyecto de formación académica.

A mis padres Juana Mirian Baca y Francisco Israel Rodas por su comprensión, apoyo, formación y valores que supieron inculcarme. A mis hermanos Suany, Elisabeth y Daniel por animarme y ser un ejemplo.

A mi profesor y asesor de tesis, Mg. Sc. Julián Chura Chuquija, por contribuir grandemente a mi formación académica, y brindarme la orientación profesional y consejos para la vida.

A mis profesores y miembros del jurado: Dr. Félix Camarena Mayta, M.S. Ricardo Sevilla Panizo y Dr. Javier Arias Carbajal, por su colaboración a mi formación académica.

Al Programa de Investigación y Proyección Social en Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), por su colaboración en las labores técnicas y agronómicas para la realización de este proyecto de investigación.

A la Sría. Nancy Pacheco Gutiérrez por su apoyo y consejos desde mi ingreso y en todo el desarrollo en el programa de maestría. A Ángel David Hernández por su sincera amistad y apoyo. A mis compañeros: Malena Apaza, Katherine Quispe, Arturo López y Susan Linares.

A la Universidad Nacional Agraria La Molina por recibirme y darme la oportunidad de desarrollarme y capacitarme para contribuir al progreso de mi país.

A la Escuela de Postgrado-UNALM y a todos los profesores del Programa de Maestría en Mejoramiento Genético de Plantas por su dedicación y aportes a mi formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	ORIGEN E IMPORTANCIA DEL MAÍZ.....	3
2.2.	DEMANDA DE SEMILLA Y PRODUCCIÓN DE MAÍZ AMARILLO DURO (MAD) EN EL PERÚ.....	5
2.3.	MORFOLOGÍA Y REPRODUCCIÓN DEL MAÍZ.....	6
2.4.	FASES FENOLÓGICAS Y DESARROLLO DEL MAÍZ.....	9
2.5.	REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS.....	10
2.6.	VARIETADES HÍBRIDAS.....	11
2.7.	INTERACCIÓN GENOTIPO POR AMBIENTE Y ESTABILIDAD DE GENOTIPOS.....	13
2.8.	ESTUDIOS DE ESTABILIDAD EN MAÍZ AMARILLO DURO (MAD).....	15
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1.	TIEMPO Y UBICACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS.....	17
3.3.	MATERIAL VEGETAL EXPERIMENTAL.....	17
3.4.	ÁREA Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	18
3.5.	VARIABLES DEPENDIENTES A EVALUAR.....	20
3.6.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD.....	22
3.6.1.	Modelo Eberhart y Russell.....	22
3.6.2.	Modelo AMMI (efectos principales aditivos e interacciones multiplicativas).....	28
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1.	ANÁLISIS DE VARIANZA COMBINADO.....	31
4.1.1.	Rendimiento de grano (Rdto).....	32
4.1.2.	Altura de planta (Altp).....	35
4.1.3.	Altura de mazorca (Amz).....	37
4.1.4.	Índice de inserción de mazorca (Imz).....	40
4.1.5.	Días a floración masculina (Fmas).....	42
4.1.6.	Días a floración femenina (Ffem).....	44

4.2.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD: MODELO PROPUESTO POR EBERHART Y RUSSELL (1966).....	47
4.2.1.	Rendimiento de grano (Rdto).....	47
4.2.2.	Altura de planta (Altp).....	51
4.2.3.	Altura de mazorca (Amz).....	55
4.2.4.	Índice de inserción de mazorca (Imz).....	59
4.2.5.	Días a floración masculina (Fmas).....	63
4.2.6.	Días a floración femenina (Ffem).....	67
4.3.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD: MODELO AMMI (EFECTOS PRINCIPALES ADITIVOS E INTERACCIONES MULTIPLICATIVAS).....	71
4.3.1.	Rendimiento de grano (Rdto).....	71
4.3.2.	Altura de planta (Altp).....	74
4.3.3.	Altura de mazorca (Amz).....	78
4.3.4.	Índice de inserción de mazorca (Imz).....	81
4.3.5.	Días a floración masculina (Fmas).....	84
4.3.6.	Días a floración femenina (Ffem).....	87
V.	CONCLUSIONES.....	92
VI.	RECOMENDACIONES.....	93
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94
VIII.	ANEXOS.....	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción de maíz amarillo duro por principales países (En miles de toneladas)	5
Tabla 2. Estados fenológicos de maíz de acuerdo a la Escala de Ritchie y Hanway (1982).	9
Tabla 3. Condiciones climáticas en los diferentes ambientes en Perú.	16
Tabla 4. Híbridos de maíz amarillo duro evaluados en diferentes ambientes en Perú.	17
Tabla 5. Análisis de variancia individual del diseño de Láctice Rectangular Triple 5 x 6. ..	19
Tabla 6. Análisis combinado de treinta (30) genotipos en cinco ambientes en diseño Láctice Triple Rectangular 5X6.	20
Tabla 7. Promedio de rendimiento (Y) de variedades (V) y promedio de rendimiento de ambientes (A).	23
Tabla 8. Análisis de varianza apropiado, cuando se estiman parámetros de estabilidad. ...	25
Tabla 9. Clasificación de cultivares de acuerdo a los parámetros de estabilidad de Eberthart & Rusell (1969).	27
Tabla 10. Descomposición de la suma de cuadrados de la interacción.	30
Tabla 11. ANOVA para la selección del número de términos multiplicativos.	30
Tabla 12. Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza combinado para las variables rendimiento de grano (Rdto) t/ha, altura de planta (Altp) cm, altura de mazorca (Amz) cm, índice de inserción de mazorca (Imz), días a floración masculina (Fmas) y días a floración femenina (Ffem) en cinco ambientes.	31
Tabla 13. Cuadrados Medios (CM) del análisis de varianza para rendimiento de grano (en toneladas por hectárea) en los ambientes de prueba.	32
Tabla 14. Comparación de medias según prueba DMS con un nivel de significación del 5 por ciento para el rendimiento de grano de los híbridos evaluados en los ambientes.	33
Tabla 15. Cuadrados Medios (CM) del análisis de varianza para altura de planta (en centímetros) en los ambientes de prueba.	35
Tabla 16. Comparación de medias según prueba DMS con un nivel de significación del 5 por ciento para altura de planta (Altp) en cm de los híbridos (Hn) evaluados en los ambientes.	36
Tabla 17. Cuadrados Medios (CM) del análisis de varianza para altura de mazorca (en centímetros) en los ambientes de prueba.	37

Tabla 18.	Comparación de medias según prueba DMS con un nivel de significación del 5 por ciento para altura de mazorca (Amz) en cm de los híbridos (Hn) evaluados en los ambientes.	38
Tabla 19.	Cuadrados Medios (CM) del análisis de varianza para índice de inserción de mazorca en los ambientes de prueba.	40
Tabla 20.	Comparación de medias según prueba DMS con un nivel de significación del 5 por ciento para índice inserción de mazorca (Imz) de los híbridos (Hn) evaluados en los ambientes.	41
Tabla 21.	Cuadrados Medios (CM) del análisis de varianza para días a floración masculina en los ambientes de prueba.....	42
Tabla 22.	Comparación de medias según prueba DMS con un nivel de significación del 5 por ciento para días a floración masculina (Fmas) de los híbridos (Hn) evaluados en los ambientes.	43
Tabla 23.	Cuadrados Medios (CM) del análisis de varianza para días a floración femenina en los ambientes de prueba.....	44
Tabla 24.	Comparación de medias según prueba DMS con un nivel de significación del 5 por ciento para días a floración femenina (Ffem) de los híbridos (Hn) evaluados en los ambientes.	45
Tabla 25.	Análisis de varianza para la estabilidad de híbridos de maíz amarillo duro para la variable rendimiento de grano en toneladas por hectárea (t-ha-1).	47
Tabla 26.	Parámetros de estabilidad para rendimiento de grano (Rdto).....	49
Tabla 27.	Análisis de varianza para la estabilidad de híbridos de maíz amarillo duro en la variable altura de planta en centímetros (cm).	51
Tabla 28.	Parámetros de estabilidad para altura de planta (Altp).....	53
Tabla 29.	Análisis de varianza para la estabilidad de híbridos de maíz amarillo duro en la variable altura de mazorca en centímetros (cm).....	55
Tabla 30.	Parámetros de estabilidad para altura de mazorca (Amz).	57
Tabla 31.	Análisis de varianza para la estabilidad de híbridos de maíz amarillo duro en la variable índice de inserción de mazorca.....	59
Tabla 32.	Parámetros de estabilidad para índice de inserción de mazorca (Imz).....	61
Tabla 33.	Análisis de varianza para la estabilidad de híbridos de maíz amarillo duro en la variable días a floración masculina.	63
Tabla 34.	Parámetros de estabilidad para días a floración masculina (Fmas).	65

Tabla 35.	Análisis de varianza para la estabilidad de maíz amarillo duro en la variable días a floración femenina.	67
Tabla 36.	Parámetros de estabilidad para días floración femenina (Ffem).	69
Tabla 37.	ANOVA del modelo AMMI para el rendimiento de grano (t ha-1) de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba.....	71
Tabla 38.	ANOVA del modelo AMMI para la altura de planta en centímetros de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba.	74
Tabla 39.	ANOVA del modelo AMMI para la altura de mazorca en centímetros de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba.	78
Tabla 40.	ANOVA del modelo AMMI para índice de inserción de mazorca de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba.....	81
Tabla 41.	ANOVA del modelo AMMI para días a floración masculina de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba.	84
Tabla 42.	ANOVA del modelo AMMI para días a floración femenina de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba.	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Doble fertilización en la planta de maíz.....	8
Figura 2.	Estados fenológicos del maíz.....	10
Figura 3.	Antesis y detalles de inflorescencias en la polinización en maíz.....	13
Figura 4.	Gráfico de los híbridos más estables y consistentes para rendimiento de grano (Rdto) en toneladas por hectárea (t-ha-1) en los ambientes de prueba.	50
Figura 5.	Gráfico de los híbridos más estables y consistentes para altura de planta (Altp) en centímetros (cm) los ambientes de prueba.	54
Figura 6.	Gráfico de los híbridos más estables y consistentes para altura de mazorca (cm) en los ambientes de prueba.....	58
Figura 7.	Gráfico de los híbridos más estables y consistentes en la variable índice de inserción de mazorca (Imz) en los ambientes.	62
Figura 8.	Gráfico de los híbridos más estables y consistentes para la variable días a floración masculina en los ambientes prueba.....	66
Figura 9.	Gráfico de los híbridos más estables y consistentes para la variable días a floración femenina (Ffem) en los ambientes.	70
Figura 10.	Biplot de AMMI (AMMI1) para rendimiento de grano (t ha-1) (RDTO), con el primer componente principal (CP1) en función del rendimiento promedio de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba.	72
Figura 11.	Biplot de AMMI con los dos primeros componentes principales de interacción (CP1 y CP2) para los datos de rendimiento de grano (t ha-1) de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba.	73
Figura 12.	Biplot de AMMI para los datos de altura de planta (ALTP) en centímetros, mostrando el primer componente principal (CP1) y la altura promedio de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba.	75
Figura 13.	Biplot de AMMI con los dos primeros componentes principales de interacción (CP1 y CP2) para los datos de altura de planta de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba.....	76
Figura 14.	Biplot de AMMI para los datos de altura de mazorca (AMZ) en centímetros, mostrando el primer componente principal (CP1) y la altura de mazorca promedio de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba.....	79

Figura 15. Biplot de AMMI con los dos primeros componentes principales de interacción (CP1 y CP2) para los datos de altura de mazorca de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba.	80
Figura 16. Biplot de AMMI para los datos de índice de inserción de mazorca, mostrando el primer componente principal (CP1) y el índice promedio de inserción de mazorca de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados los ambientes de prueba.	82
Figura 17. Biplot de AMMI con los dos primeros componentes principales de interacción (CP1 y CP2) para los datos de índice de inserción de mazorca de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba.	83
Figura 18. Biplot de AMMI para los datos de días a floración masculina, mostrando el primer componente principal (CP1) y los días promedio de floración de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba.....	85
Figura 19. Biplot de AMMI con los dos primeros componentes principales de interacción (CP1 y CP2) para los datos de días a floración masculina de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba.	86
Figura 20. Biplot de AMMI para los datos de días a floración femenina, mostrando el primer componente principal (CP1) y los días promedio de floración de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba.....	88
Figura 21. Biplot de AMMI con los dos primeros componentes principales de interacción (CP1 y CP2) para los datos de días a floración femenina de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba.	89

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1.** Cuadros de Análisis de Varianza de Diseño Látice Rectangular Triple 5x6 para la variable Rendimiento en grano en los diferentes ambientes. FV = Fuente de variación, g.l = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrados medios, Fcal = F calculado, Ftab = F tabulado, BI = Bloques incompletos, CV (%) = coeficiente de variación..... 100
- Anexo 2.** Cuadros de Análisis de Varianza de Diseño Látice Rectangular Triple 5x6 para la variable altura de planta en los diferentes ambientes. FV = Fuente de variación, g.l = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrados medios, Fcal = F calculado, Ftab = F tabulado, BI = Bloques incompletos, CV (%) = coeficiente de variación. 102
- Anexo 3.** Cuadros de Análisis de Varianza de Diseño Látice Rectangular Triple 5x6 para la variable altura de mazorca en los diferentes ambientes. FV = Fuente de variación, g.l = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrados medios, Fcal = F calculado, Ftab = F tabulado, BI = Bloques incompletos, CV (%) = coeficiente de variación. 103
- Anexo 4.** Cuadros de Análisis de Varianza de Diseño Látice Rectangular Triple 5x6 para la variable inserción de mazorca en los diferentes ambientes. FV = Fuente de variación, g.l = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrados medios, Fcal = F calculado, Ftab = F tabulado, BI = Bloques incompletos, CV (%) = coeficiente de variación..... 104
- Anexo 5.** Cuadros de Análisis de Varianza Diseño Látice Rectangular Triple 5x6 para para la variable floración masculina en los diferentes ambientes. FV = Fuente de variación, g.l = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrados medios, Fcal = F calculado, Ftab = F tabulado, BI = Bloques incompletos, CV (%) = coeficiente de variación..... 105
- Anexo 6.** Cuadros de Análisis de Varianza de Diseño Látice Rectangular Triple 5x6 para la variable floración femenina en los diferentes ambientes. FV = Fuente de variación, g.l = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrados medios, Fcal = F calculado, Ftab = F tabulado, BI = Bloques incompletos, CV (%) = coeficiente de variación..... 106

RESUMEN

El objetivo fue identificar los genotipos de mayor estabilidad en rendimiento de grano, determinar los mejores ambientes y los híbridos con estabilidad en los ambientes. El diseño experimental fue Látice Triple Rectangular 5x6. Las variables estudiadas son: rendimiento de grano, altura de planta, altura de mazorca, índice de inserción de mazorca, días a floración masculina y femenina. Se aplicó la metodología de Eberhart y Russell y AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction). La interacción genotipo x ambiente se presentó para todas las variables. El híbrido H21 (31x28) (8.226 t/ha), resultó estable y consistente en las dos metodologías, sin embargo, el modelo AMMI resaltó al híbrido H10 (14x11) (8.372 t/ha) como estable, pero con mayor rendimiento promedio que el híbrido H21 (31x28). El ambiente A2 (Oxapampa-2016) fue el mejor para discriminar el comportamiento de los genotipos en todas las variables según el modelo AMMI, pero también destacaron los ambientes A3 (La Molina-2017) para rendimiento de grano y días a floración masculina y femenina y A1 (La Molina-2016) para altura de planta y altura de mazorca. El análisis de Eberhart-Russell indicó que tienen igual estabilidad los híbridos H12, H13 y H17 para altura de planta, los híbridos H6 y H23 para altura de mazorca, los híbridos H8 y H23 para índice de inserción de mazorca, los híbridos H21, H17 y H25 para días a floración masculina y los híbridos H7 H16 y H17 para días a floración femenina. El modelo AMMI indicó que el híbrido más estable es H28 para altura de planta y altura de mazorca, los híbridos H11 y H28 para índice de inserción de mazorca, el híbrido H21 para días a floración masculina y H24 y H23 para días a floración femenina.

Palabras claves: maíz, estabilidad, Eberhart y Russell, AMMI, genotipo x ambiente

ABSTRACT

The objective was to identify the genotypes with the greatest stability in grain yield, to determine the best environments and the hybrids with stability in the environments. The experimental design was a 5x6 Rectangular Triple Lattice. The variables studied are: grain yield, plant height, ear height, ear insertion index, days to male and female flowering. The Eberhart-Russell and AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction) methodology was applied. The genotype x environment interaction was presented for all variables. The hybrid H21 (31x28) (8,226 t/ha), was stable and consistent in the two methodologies, however, the AMMI model highlighted the hybrid H10 (14x11) (8,372 t/ha) as stable, but with a higher average yield than the hybrid H21 (31x28). The A2 environment (Oxapampa-2016) was the best to discriminate the behavior of the genotypes in all the variables according to the AMMI model, but the A3 environments (La Molina-2017) also stood out for grain yield and days to male and female flowering. and A1 (La Molina-2016) for plant height and ear height. The Eberhart-Russell analysis indicated that hybrids H12, H13 and H17 for plant height, hybrids H6 and H23 for ear height, hybrids H8 and H23 for ear insertion index, hybrids H21, H17 have equal stability. and H25 for days to male flowering and the hybrids H7 H16 and H17 for days to female flowering. The AMMI model indicated that the most stable hybrid is H28 for plant height and ear height, the hybrids H11 and H28 for ear insertion index, the hybrid H21 for days to male flowering and H24 and H23 for days to female flowering.

Keywords: maize, stability, Eberhart and Russell, AMMI, genotype x environment

I. INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cultivos de mayor importancia dentro de la canasta alimenticia básica. La producción de maíz es prioritaria por su demanda en la alimentación humana y constituye la principal materia prima para la fabricación de alimentos balanceados destinados a la industria animal. Paliwal (2001), sostiene que el uso de maíces híbridos constituye un paso importante para el desarrollo de la agricultura, siendo considerado una de las mejores innovaciones en el fitomejoramiento.

La interacción Genotipo-Ambiente (GxE), surge cuando una variación ambiental tiene distinto efecto sobre genotipos diferentes o, a la inversa, cuando un mismo genotipo responde de diferente manera en diversos ambientes. Tradicionalmente, los mejoradores han utilizado el término de estabilidad para caracterizar aquellos genotipos o variedades que muestran un rendimiento constante en diferentes ambientes, es decir, los que muestran una varianza mínima frente a éstos. La identificación de genotipos de maíz que tengan estabilidad en diversos ambientes resulta particularmente importante para agricultores con escasa tecnología y recursos limitados, debido a que en condiciones adversas es recomendable utilizar una variedad con mayores posibilidades de producir rendimientos aceptables que una variedad que produce altos rendimientos bajo una condición ambiental favorable para la misma (Cubero y Flores 1998).

El rendimiento estable de los cultivos y las características de calidad en una amplia gama de condiciones de crecimiento es deseable para el manejo, la comercialización y las ganancias (Gutiérrez *et al.* 1994). Existen distintas metodologías para el estudio de la estabilidad de las características de las especies vegetales. Dos de las metodologías ampliamente utilizadas son: El modelo de regresión de Eberhart y Russell y modelo AMMI (Efectos principales aditivos e interacciones multiplicativas). Contreras y Barzola (2006), indican que Eberhart S.A. y Russell W.A. en 1966 propusieron un modelo para medir la estabilidad genética de los vegetales, el que está basado en la técnica estadística de regresión lineal y para lo cual

consideraron dos parámetros empíricos: La pendiente de la recta de regresión lineal (β_{11}) y la varianza de las desviaciones de la recta de regresión (S^2_{di}). El modelo AMMI incorpora componentes tanto aditivos como multiplicativos de la estructura bidireccional que puede, de manera más efectiva, dar cuenta de la interacción subyacente (Shafii y Price 1998).

El presente trabajo de investigación se centra en el estudio de estabilidad de variables de interés de treinta genotipos de maíz amarillo duro, rendimiento de grano (Rdto), altura de planta (Altp), altura de mazorca (Amz), índice de inserción de mazorca (Imz), días a floración masculina (Fmas) y femenina (Ffem), con la finalidad de determinar la estabilidad de los genotipos de maíz bajo estudio con las metodologías antes descritas para descartar los genotipos que no son estables y recomendar los mejores a los productores de maíz en el Perú.

El objetivo principal de la presente investigación fue determinar la estabilidad de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) amarillo duro en diferentes ambientes en Perú, y los objetivos específicos fueron: Identificar el (los) genotipo(s) de mayor estabilidad en rendimiento de grano, determinar los mejores ambientes de prueba para los híbridos de maíz amarillo duro y determinar los híbridos que tienen igual estabilidad en los diferentes ambientes.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ORIGEN E IMPORTANCIA DEL MAÍZ

El maíz se originó en una parte restringida de México y los tipos más desarrollados emigraron posteriormente hacia otros sitios de América (McClintock *et al.* 1981). Por tanto, existen dos hipótesis que explican la difusión del maíz. La hipótesis “difusionista” dice que el maíz originado de México se difundió ya domesticado principalmente hacia el Sur, y hacia el norte de América. La hipótesis de la domesticación independiente dice que el maíz llegó a Sudamérica en estado silvestre, y en ese continente, posiblemente en la zona andina, se domesticó independientemente (Holle y Sevilla 2004). El maíz tuvo un papel central en el origen y la difusión de la agricultura y en todas las civilizaciones indígenas de Mesoamérica. Este grano se cultiva desde las costas, en casi todo el continente americano, hasta las tierras altas de los Andes. Hay una gran variedad de tipos de maíz con características particulares: resistencia a diferentes grados de tolerancia a sequía o heladas; tallas de plantas diversas que pueden llegar a los cinco metros; adaptación a distintas texturas de suelo, altitud, latitud, entre otros aspectos (Sánchez 2011).

El maíz (*Zea mays* L.), es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Perteneció a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, género *Zea*, y es la única especie cultivada de este género. Otras especies del género *Zea*, comúnmente llamadas teosinte y las especies del género *Tripsacum* conocidas como arrocillo o maicillo son formas salvajes parientes de *Zea mays* L., son clasificadas como del Nuevo Mundo porque su centro de origen está en América (Paliwal 2001).

El maíz es la única especie donde se ha completado la clasificación racial, con la ventaja que todos los que hicieron la clasificación racial usaron los mismos criterios de clasificación. Esto permitió a Goodman y Brown en el año 1988 describir 252 razas de maíz de América donde el maíz se originó; de ellas 132 pertenecen a la región andina. Las publicaciones que

describen las razas tienen el mismo formato; evaluaron las mismas características y se usaron los mismos criterios de clasificación (Holle y Sevilla 2004).

2.2. DEMANDA DE SEMILLA Y PRODUCCIÓN DE MAÍZ AMARILLO DURO (MAD) EN EL PERÚ

En el Perú, para el cultivo del maíz amarillo duro, la demanda promedio de semillas para sus 300 mil hectáreas de siembra es de 7,600 toneladas. Esta demanda es cubierta en un 9 por ciento por semilla certificada conformada por variedades desarrolladas en el país, un 40 por ciento por semilla importada conformada por híbridos de alto rendimiento de tipo convencional, no transgénicas y un 51 por ciento por grano de consumo o industrial, en gran medida responsable del bajo rendimiento promedio nacional (Abad 2014). La producción nacional de maíz amarillo duro no es suficiente para abastecer la demanda de las industrias, por lo que las importaciones suplen el déficit. Esta situación se debe a que el consumo de este insumo en el Perú ha ido creciendo en 8 por ciento en promedio anual en los últimos cinco años, habiéndose llegado a consumir 4,6 millones de toneladas en el 2017. Este comportamiento se ve reflejado a su vez por el aumento del consumo de carne de aves, el cual fue en promedio 6 por ciento anual en el último quinquenio mientras que el consumo de carne porcina creció 5 por ciento anual en el mismo periodo (Posada 2018).

Tabla 1. Producción de maíz amarillo duro por principales países (En miles de toneladas)

N°	Países	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19*	2019/20*
	Total mundo	1,056,824	1,013,222	1,122,411	1,075,613	1,099,611	1,105,136
1	USA	361,136	345,506	384,778	371,096	366,287	352,441
2	China	249,764	264,992	263,613	259,071	257,330	254,000
3	Brazil	85,000	67,000	98,500	82,000	94,500	101,000
4	U.E	75,734	58,748	61,884	62,104	60,720	64,200
5	Argentina	29,750	29,500	41,000	32,000	46,000	50,000
6	Ukraine	28,450	23,333	27,969	24,115	35,500	34,000
7	India	24,170	22,570	25,900	28,720	26,000	29,000
8	México	25,480	25,971	27,575	27,450	25,600	27,000
9	Canadá	11,606	13,680	13,889	14,095	13,900	14,000
10	Indonesia	9,000	10,500	10,900	11,400	11,900	13,300
38	Perú	1,548	1,768	1,485	1,712	1,800	1,900
	Otros	155,186	149,654	164,918	161,850	160,074	164,295

Fuente: MINAGRI (2019) citando a USDA (2019)

En el primer semestre del 2019 alcanza una cifra de 572,7 mil toneladas, lo que significa una disminución de 5,2 por ciento respecto al mismo periodo del año anterior, las mayores reducciones se han registrado en la costa norte (15,2 por ciento menos), principalmente en la Libertad (-2,2 por ciento), y Ancash (-19,8 por ciento), contrarrestado por el crecimiento de la producción en Piura (74,7 por ciento); asimismo, disminuye en la región de la selva baja (-11,6 por ciento), principalmente en Loreto (-29,6 por ciento), contrarrestada por el crecimiento de Ucayali (4,4 por ciento) y Madre de Dios (10,6 por ciento); la costa centro también cae en 0,2 por ciento, principalmente en Ica (-6,5 por ciento), con excepción del crecimiento de Lima (6,4 por ciento). Sin embargo, en este periodo la región de la selva alta registró un crecimiento de 6,1 por ciento, principalmente en las regiones de Cajamarca (27,1 por ciento), San Martín (4,3 por ciento), Huánuco (4,3 por ciento) y Junín (9,6 por ciento) (MINAGRI 2019).

2.3. MORFOLOGÍA Y REPRODUCCIÓN DEL MAÍZ

El maíz es una planta anual de gran desarrollo vegetativo de porte robusto y con un rápido desarrollo, que puede alcanzar hasta 5 metros de altura (lo normal es de 2 a 2,50 metros) (Ortigoza *et al.* 2019). La principal función de estas raíces es mantener la planta erecta y evitar su vuelco en condiciones normales. Está formado por dos tipos de raíces: seminales y adventicias. Las primeras son las que nacen de la semilla al momento de la germinación, y consiste en la radícula (primera estructura seminal en romper el pericarpio), y de un número variable de raíces laterales que se forman en la base del primer entrenudo, encima del nudo escutelar. El crecimiento inicial, es horizontal a la superficie del suelo para luego dirigirse hacia abajo. Este sistema de raíces es muy importante durante los primeros estados de crecimiento de la plántula, hasta que se establece plenamente el sistema de raíces adventicias permanentes. Las raíces adventicias, se forman en los primeros entrenudos que adoptan la forma de un cono invertido (Feldman 1994; Barandiarán Gamarra 2020).

El tallo herbáceo del maíz (*Zea mays* L.) es un buen ejemplo de los tallos de monocotiledóneas en que los haces vasculares forman un sistema de cordones dispersos por todo el tejido fundamental y que al igual que otras monocotiledóneas, los haces conductores son cerrados (Raven *et al.* 2015). El tallo tiene tres componentes importantes en sus tejidos: la corteza o epidermis, los haces vasculares y la médula. Los haces vasculares están ordenados en círculos concéntricos con una mayor densidad de haces y anillos más cercanos

hacia la zona periférica epidérmica; su densidad se reduce hacia el centro del tallo. Las hojas (órganos de nutrición) tienen tres partes principales: el limbo o lámina, la vaina y el collar. La lámina es la parte plana de la hoja que intercepta la luz solar; la vaina es la parte que se envuelve alrededor del tallo; y el collar es la línea de demarcación entre la lámina y la vaina, normalmente con una curva definida (Esaú 1977).

El tejido de las hojas de maíz tiene una estructura celular conformada por células parenquimatosas de paredes delgadas y con numerosas perforaciones. Las fibras son de pared celular gruesa, lumen medio, moderadamente largas y se caracterizan por presentar extremos romos, agudos, además de otras fibras dentadas y horquilladas con puntos en sus superficies. Las células epidérmicas o peines son rectangulares y presentan dientes en los bordes laterales. Otra característica morfológica de las hojas es la presencia de pelos epidérmicos (Prado *et al.* 2012).

El maíz es una típica planta monoica porque las flores femeninas están separadas de las flores masculinas, con inflorescencia terminal estaminada (panoja) o flor masculina; y flores femeninas pistiladas, ubicadas en yemas laterales (mazorcas) así, el maíz produce su rendimiento económico (grano) en ramificaciones laterales. Como resultado de esta separación de mazorca y panoja, y del fenómeno llamado protrandía en la floración, el maíz es una especie alógama (de polinización cruzada) y su tipo de inflorescencia ha permitido la producción de híbridos con alto potencial de rendimiento y amplia adaptación. Una sola panoja puede producir de 20 a 25 millones de granos de polen (López 1995).

La inflorescencia masculina o panoja se desarrolla en el punto de crecimiento apical en el extremo superior de la planta. Es una inflorescencia terminal grande y dominante. El polen de maíz es una estructura trinuclear; tiene una célula vegetativa, dos gametas masculinas y numerosos granos de almidón; su gruesa pared tiene dos capas, la exina y la intina y es bastante resistente. 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 (Paliwal 2001; MacRobert *et al.* 2014).

El fruto del maíz es un cariopse y consiste de tres partes principales: el intertegumento o pared del saco embrionario (formada a su vez por el pericarpio), el embrión diploide y el endosperma triploide (Esaú 1977; Barandiarán Gamarra 2020). En las plantas espermatofitas

(que producen semillas), semilla es el óvulo fecundado y maduro que al sembrarse da origen a una nueva planta. La parte de la planta que comúnmente los tecnólogos llaman semilla en las plantas espermatofitas, es una estructura botánica que se diferencia del grano comercial (Urbina 2015).

La polinización ocurre cuando los granos de polen se depositan sobre las barbas, según Fassio *et al.* (1998), 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.

Randolph (1932) indica que, en el maíz, la doble fecundación del óvulo y los núcleos polares suele suceder de forma simultánea o casi simultánea, muy poco tiempo después de la descarga de los dos núcleos masculinos en el saco embrionario. Normalmente transcurren de diez a doce horas entre la singamia y la primera división del cigoto, mientras que sólo se requieren de dos a cuatro horas para la primera división mitótica del núcleo del endospermo primario. En el momento en que el óvulo fertilizado se divide por primera vez, el endospermo puede estar representado por cuatro a ocho núcleos libres. Este proceso es denominado doble fertilización, mostrado en la Figura 1. 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 (Fassio *et al.* 1998).

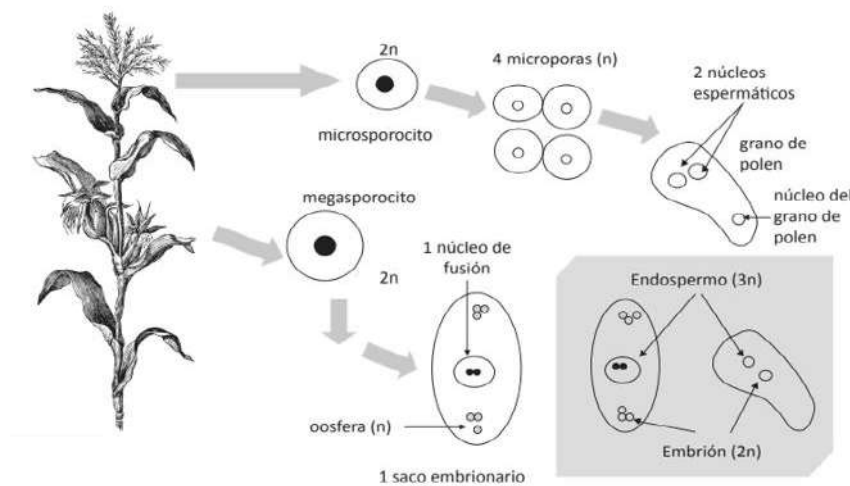


Figura 1. Fertilización en la planta de maíz

Fuente: Sevilla (2017)

2.4. FASES FENOLÓGICAS Y DESARROLLO DEL MAÍZ

Ritchie y Hanway (1982), proponen la escala de fases fenológicas de caracteres morfológicos externos o macroscópicos. En ella se identifican dos grandes períodos: El vegetativo, subdividido en estadíos identificados con la letra V y un subíndice, correspondiente al orden de la última hoja completamente extendida (lígula visible) al momento de la observación (VE: emergencia, V₁, V₂,V_n y V_T o panojamiento), y el reproductivo, identificado con la letra R y un subíndice que comienza en R₁ (emergencia de los estigmas), R₂ (cuaje o estado de ampolla), R₃ (grano lechoso), R₄ (grano pastoso), R₅ (grano duro o indentado) y R₆ (madurez fisiológica). Desde los estadíos R₃ hasta R₅, inclusive, corresponde al llenado de los granos.

Tabla 2. Estados fenológicos de maíz de acuerdo a la Escala de Ritchie y Hanway (1982)

Estados Vegetativos		Estados Reproductivos	
VE	Emergencia	R ₁	Emergencia de estigmas
V ₁	1 ^a Hoja	R ₂	Cuaje
V ₂	2 ^a Hoja	R ₃	Grano lechoso
...		R ₄	Grano pastoso
V _n	N.º a hoja	R ₅	Grano dentado
V _T	Panojamiento	R ₆	Madurez fisiológica

Las subdivisiones numéricas de la etapa vegetativa, identificada con la letra V, corresponden al número de hojas totalmente expandidas. La etapa reproductiva comienza con la emergencia de los estigmas (R₁) y finaliza con la madurez fisiológica de los granos (R₆). Las subdivisiones de la etapa reproductiva corresponden a distintos momentos del llenado del grano.

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. Este ciclo comprende dos etapas bien definidas: desarrollo vegetativo y desarrollo reproductivo (Fassio *et al.* 1998). Según el Programa de Investigación y Proyección Social en Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina de Lima, Perú, el conocimiento de la forma como crece, desarrolla y funciona la planta de maíz permitirá un control más preciso de algunos de los factores que afectan el rendimiento final. El ciclo vegetativo del maíz, de siembra a cosecha, puede considerarse dividido en las fases o etapas siguientes:

- Siembra y emergencia
- Crecimiento vegetativo inicial-lento
- Crecimiento vegetativo rápido hasta floración
- Polinización y fertilización
- Producción de grano (desde fertilización hasta máximo peso seco del grano o madurez fisiológica).
- Secado del grano y planta (madurez de cosecha).

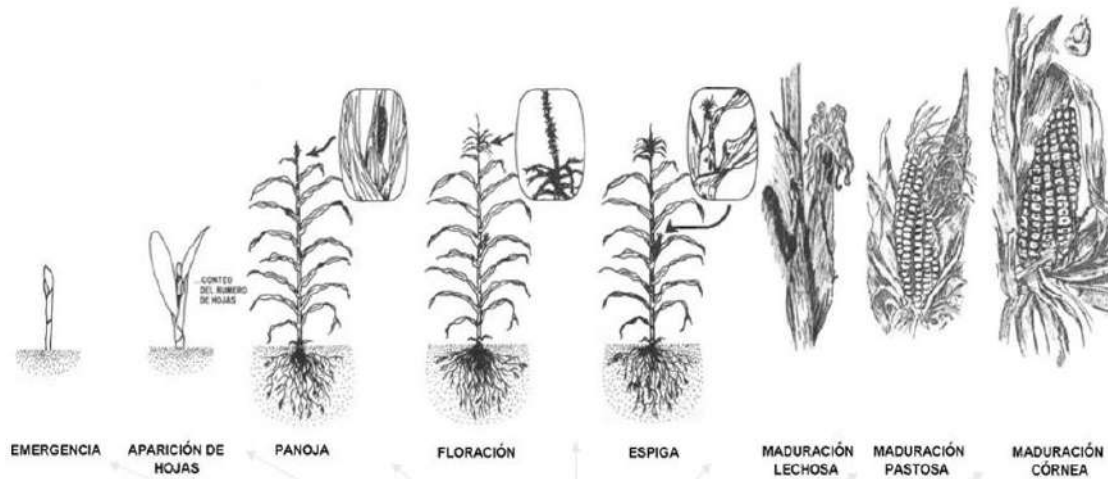


Figura 2. Estados fenológicos del maíz

Fuente: Solorzano (2007)

2.5. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

El maíz amarillo duro se adapta a distintos tipos de suelos, sin embargo, se desarrolla mejor en los suelos que presentan una textura media (franco, franco arcilloso arenoso, franco arcilloso); profundos, bien drenados y de buena estructura que permitan asegurar un buen crecimiento de las raíces, el rango óptimo de pH es de 6,1 a 7,8. El contenido de materia orgánica en el suelo debe ser alto (> 4 por ciento). (MINAGRI 2018). El maíz utiliza 7,000 m³ por hectárea en forma convencional (por gravedad) y cuando se utiliza el sistema de tecnificado riego por goteo, el consumo de agua es de 3,000 a 3,500 m³/ha. (MINAGRI 2018).

El crecimiento óptimo del cultivo ocurre a temperaturas de 24 a 30 °C. Las temperaturas nocturnas altas no favorecen el crecimiento del cultivo, sino que incrementa las tasas de respiración y de esta forma se reduce el peso seco acumulado durante el día por la fotosíntesis

(Fassio *et al.* 1998). El ciclo del maíz es una especie de días cortos, es decir, su ciclo se acorta al acortarse la duración del día. Por ello es importante una siembra temprana del cultivo, para que cada etapa tenga un desarrollo óptimo, contribuyendo a un mayor rendimiento (Ortigoza *et al.* 2019).

2.6. VARIEDADES HÍBRIDAS

La mejora de plantas alógamas se basa en la utilización controlada de la heterosis que aparece en los híbridos entre genotipos. Esta utilización controlada de la heterosis ha tenido su mayor desarrollo en el maíz, planta en que en su morfología floral permite las grandes cantidades de semilla para la producción económica comercial de las variedades híbridas (Allard 1980).

Las poblaciones de plantas alógamas son heterogéneas compuesta de individuos con muchos loci heterocigotas, principalmente de los caracteres adaptativos. Consecuentemente el tamaño de la muestra debe ser tal que permita la inclusión de la muestra de alelos aún en baja frecuencia. El tamaño de la muestra en las poblaciones alógamas debe ser más grande que el de la autógamas. En general, el tamaño teórico recomendado, para captar en la muestra, por ejemplo, los alelos que se encuentran en frecuencia de 0.05, es mayor que el que la práctica permite. Por esa razón las consideraciones tácticas y estratégicas son importantes (Holle y Sevilla 2004).

El porcentaje de cruzamiento natural también varía por la constitución genética interespecífica o intervarietal; como pueden ser los mecanismos de autoincompatibilidad parcial o total, gametofítica o esporofítica; de androesterilidad parcial o total, a veces genética o combinada con esterilidad citoplásmica, etc. Otro factor que puede hacer variar el porcentaje natural es el medio ecológico por factores de humedad ambiental, humedad aprovechable del suelo, temperaturas máximas que causan absorción del polen, o mínimas que destruyen a éste y que no permiten su buen desarrollo, o buena dehiscencia de anteras, diferencias de cruzamiento natural entre las estaciones del año por mayor o menor intensidad del viento para el traslado de su ciclo biológico con la fecha de floración de las variedades etc (Robles 1986).

La hibridación o cruzamientos es uno de los métodos principales para el mejoramiento de plantas. La polinización se efectúa con el polen del progenitor masculino, depositándolo en el estigma. Hoy día se han creado diversas técnicas para facilitar la emasculación y la polinización. La polinización artificial consiste esencialmente en transportar el polen maduro de una flor que pertenece a la planta que se usa como progenitor masculino, sobre los estigmas receptivos del progenitor femenino (López 1995). El término variedad híbrida se utiliza para designar las poblaciones F_1 que se utilizan para siembras comerciales. Dichas poblaciones F_1 pueden obtenerse por cruzamientos de clones, variedades de polinización abierta, líneas puras u otras poblaciones genéticamente diferentes (Allard 1980).

Los híbridos pueden ser obtenidos del cruzamiento de dos linajes endogámicos ($P_1 \times P_2$) (híbrido simple) de tres linajes endogámicos, [$(P_1 \times P_2) \times P_3$] (híbrido triple) o de cuatro genes endogámicos, [$(P_1 \times P_2) \times (P_3 \times P_4)$] (híbrido doble). Además de los linajes endogámicos, se pueden utilizar variedades de polinización abierta, clones o líneas puras en la obtención de los híbridos (Borém *et al.* 2008). El aumento de la producción de maíz se hizo posible principalmente gracias a la introducción de semillas híbridas que para obtenerlas se utilizan como progenitores diversas líneas obtenidas por endogamia (asimismo de origen híbrido). Cuando tales líneas se cruzan, la semilla resultante produce plantas híbridas muy vigorosas. Las variedades que se quieren cruzar deben sembrarse en hileras alternas, retirando las inflorescencias masculinas de una de ellas a mano, de manera que todas las semillas que se produzcan a partir de dichas plantas serán híbridas, estas son fáciles de cosechar y dan lugar a producciones más altas que los individuos no híbrido (Raven *et al.* 2015).

Entre los híbridos no formados a partir de líneas endocriadas, los híbridos entre poblaciones y entre variedades ofrecen menores ventajas respecto a la heterosis y al incremento de los rendimientos. Sin embargo, en esos híbridos es más fácil producir los progenitores —dos parentales pueden ser mantenidos sin dificultad— y el precio de la semilla será bajo. La depresión en los rendimientos causada por el uso de la semilla F_2 será menor que en otros tipos de híbridos. Las poblaciones y las cruas varietales desarrolladas por medio de un esquema de mejoramiento entre poblaciones pueden tener la ventaja de los altos rendimientos (Paliwal 2001).

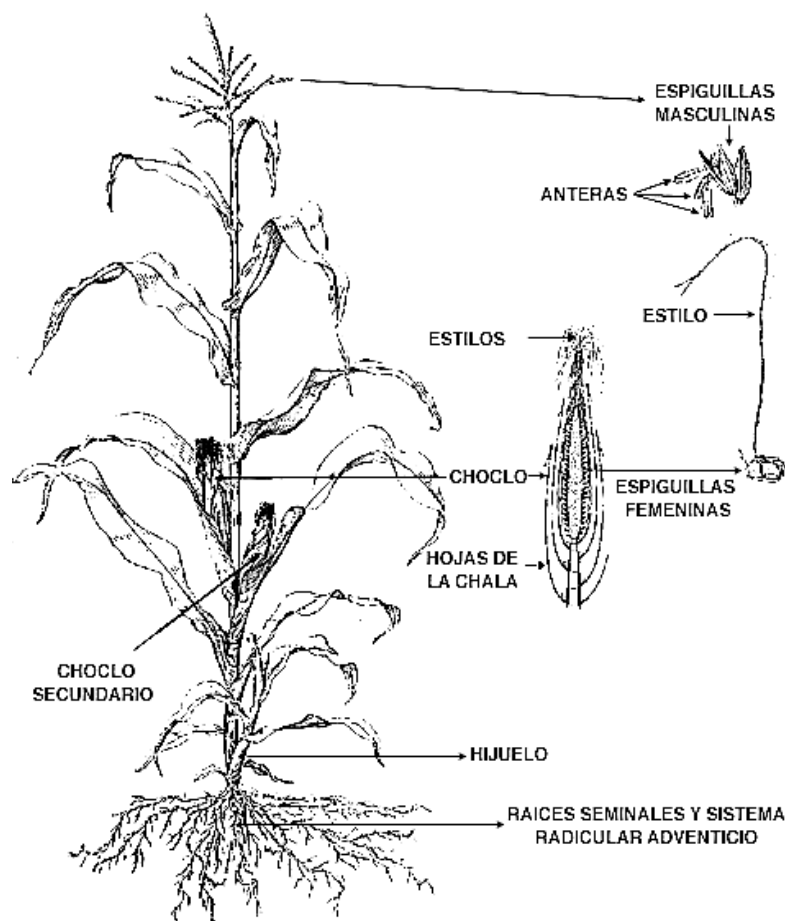


Figura 3. Antesis y detalles de inflorescencias en la polinización en maíz

Fuente: Ciba-Geigy (1979)

2.7. INTERACCIÓN GENOTIPO POR AMBIENTE Y ESTABILIDAD DE GENOTIPOS

La interacción genotipo x ambiente (IGA), se refiere a la respuesta diferencial de los genotipos evaluados en diferentes ambientes, o en una variedad de entornos (Tonk *et al.* 2011; Kang 1998). Según Vallejo y Estrada (2002), se puede definir como el comportamiento relativo diferencial que muestran los genotipos cuando se les somete a diferentes ambientes; o expresado, en otros términos, es la incapacidad de un genotipo para responder similarmente cuando se le siembra en varios ambientes. La IGA reduce la asociación entre los valores genotípicos y fenotípicos y obliga a los fitomejoradores a considerar la estabilidad o adaptabilidad de los materiales. La expresión fenotípica (F) de los diferentes caracteres es dependiente del genotipo (G), ambiente (A) y de la interacción genotipo por ambiente (GxA), el modelo se escribe: $F = G + A + GxA$

Los rasgos agronómicos y económicos más importantes, como el rendimiento de grano, son de naturaleza cuantitativa y exhiben rutinariamente interacción genotipo x ambiente (Fan *et al.* 2007). Según Poehlman y Sleeper (2003), el rendimiento es de importancia fundamental como objetivo del mejoramiento genético en virtud de que afecta las ganancias económicas del agricultor, y los genotipos de las plantas difieren en cuanto a su potencial de rendimientos inherentes expresándose fenotípicamente mediante características morfológicas complejas de las plantas y genéticamente como algún carácter cuantitativo complejo que interactúa con el ambiente en el cual el genotipo de la planta interactúa.

La interacción genotipo-ambiente es de gran importancia para el fitomejorador que desarrolla variedades mejoradas. Cuando las variedades se comparan en una serie de entornos, las clasificaciones relativas generalmente difieren, lo que causa dificultad para demostrar la superioridad significativa de cualquier variedad (Eberhart y Russell 1966). Según Camarena *et al.* (2010) confirman que, si el medio ambiente ejerciera una escasa o ninguna influencia sobre el comportamiento de las variedades evaluadas no sería necesario conducir experimentos en varias localidades o años, ya que un solo ambiente proveería la información adecuada de adaptación de dichas variedades.

La interacción GxE es inevitable en la agricultura moderna dada la diversidad de ambientes posibles; las variedades aptas para cultivo de invernadero no son las mismas a utilizar en campo abierto, aún en la misma región (Cubero 2013). Córdova (1991), citando a Kang *et al.* (1990), señala que la interacción genotipo-ambiente encontrada en estudios de evaluación de cultivares en varios ambientes justifica la integración del rendimiento y estabilidad del comportamiento.

La técnica de regresión lineal fue usada por primera vez para estimar la estabilidad fenotípica por Yates y Cochran en 1938, en donde utilizaron la media de todos los genotipos en un ambiente determinado como medida del efecto ambiental, en donde se hace el ajuste de una recta de productividad de cada genotipo, en función de estas medias ambientales tomadas como variable independiente. Posteriormente Finlay y Wilkinson en 1963, relacionaron el coeficiente de regresión lineal de productividad de cada genotipo sobre una media general de dos genotipos en cada ambiente, como los conceptos de estabilidad y adaptabilidad fenotípica (Vallejo *et al.* 2005).

El modelo de Eberhart y Russell es un modelo de regresión lineal para el estudio de la estabilidad fenotípica de cultivares, ampliamente utilizado en el estudio de genotipos en ensayos multi-ambiente. En este modelo, además de la media general y del coeficiente de regresión lineal de cada genotipo, la varianza de las desviaciones de la regresión de cada genotipo también es considerada como parámetro de estabilidad (Eberhart y Russell 1966).

La estabilidad y adaptabilidad son términos usados como sinónimos o asociados a dos conceptos diferentes. Algunos autores utilizan el término estabilidad para describir un comportamiento uniforme y predecible a través del tiempo (semestres o años) o prácticas agronómicas, de un determinado genotipo en una determinada localidad. La adaptabilidad para estos mismos autores se refiere a un comportamiento uniforme y predecible de un determinado genotipo a través de distintas localidades. Otros investigadores utilizan los términos estabilidad y adaptabilidad como sinónimos. (Vallejo y Estrada 2002). Una variedad estable aquella con capacidad de amortiguar o de ajustarse a las condiciones ambientales prevalentes (Márquez-Sánchez 1991).

2.8. ESTUDIOS DE ESTABILIDAD EN MAÍZ AMARILLO DURO (MAD)

Aguado (2012), evaluó el comportamiento agronómico y los rendimientos de ocho poblaciones de maíz amarillo en las localidades de Buesaco, Tangua, San bernardo y Matituy del departamento de Nariño en Colombia, utilizó el modelo AMMI, Eberhart-Rusell y Shukla para hacer análisis de estabilidad de los genotipos. Finalmente destacó que en el modelo AMMI los genotipos Población 19, tienen una adaptabilidad específica hacia la localidad Matituy y Puntilla 2M S1, ICA V.305, TL2007 A 180723X24 tienen adaptabilidad específica para Tangua. En el análisis de Eberhart y Rusell destacó que los tratamientos Población 19 y TL2007A 1807 11X12 son adaptables y no predecibles. INIAP 180 9MS1, Puntilla 2M S1, TL2007A 1807 23X24 y DK 10-40 como no adaptables y no predecibles y finalmente TL2007A 1807 25X26 como no adaptable predecible, y estimando a la Población 19 como el genotipo de mejor comportamiento.

Zambrano *et al.* (2017), estudiaron el efecto de la interacción genotipo x ambiente para rendimiento de grano y la estabilidad de 14 híbridos de maíz duro amarillo, experimentales y comerciales, evaluados en tres localidades de las provincias de Manabí y una en Los Ríos, Ecuador. Bajo condiciones de temporal, durante 2011, 2012 y 2013. Emplearon el modelo de Eberhart y Russell para el análisis de estabilidad y concluyeron que los genotipos G2

(POB.3F4.27-1-1-1 × CML-451) y G9 (PORT.PHAEO.1AS2.4-1-1-1 × L.I.4) presentaron mayor estabilidad debido a su reducida variabilidad del rendimiento en ambientes y ciclos de cultivo.

En ambientes favorables, los genotipos G5 (PORT.PHAEO.1AS2.4-1-1-1 × CL-02450) y G13 (DEKALB-7088) mostraron su potencial genético en rendimiento, pero bajo condiciones ambientales cambiantes resultaron sensibles e inestables. Los genotipos G14 (DEKALB-1596) e G11 (INIAP H-601) mostraron mejor estabilidad en los ambientales evaluados, expresando un adecuado potencial de rendimiento en condiciones desfavorables, constituyéndose en una alternativa para las zonas de menor precipitación (Zambrano *et al.* 2017).

Según García-Mendoza *et al.* (2021), en el Perú han sido pocos los trabajos de investigación referidos al estudio de la IGA, y de los publicados a la fecha en el cultivo de maíz (Chura y Huanuqueño 2015; López-Morales *et al.* 2019) ninguno se ha realizado en la región de la sierra. De estos estudios, sólo el segundo ha utilizado la metodología AMMI, lo cual se presume que es debido al hecho que es necesario evaluar un gran número de genotipos en diversos ambientes, acción que requiere no sólo la disponibilidad de logística y recursos económicos apropiados, sino también de contar con un equipo técnico capacitado y con disposición para desarrollar los experimentos en condiciones de ambientes que ameritan un esfuerzo físico adicional.

López-Morales *et al.* (2019), investigaron la interacción genotipo por ambiente del rendimiento de maíz amarillo en híbridos trilineales en Perú y determinaron la estabilidad y la IG*A del rendimiento de 25 híbridos de maíz amarillo evaluados en cinco ambientes de Perú, entre los años 2014-2015. Utilizaron el modelo AMMI para determinar la estabilidad y adaptación de los genotipos, y ambas características fueron expresadas en las dos gráficas biplot del mismo modelo, tales gráficas explicaron 49.42 por ciento y 70.47 por ciento de la IG*A, respectivamente. Los dos genotipos con mayor rendimiento de grano fueron los híbridos trilineales CML226xHPM302 y POOL26xHPM302 con 8.153 y 8.08 t/ha-1, respectivamente, con una buena estabilidad y adaptación aceptable ante la IG*A.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIEMPO Y UBICACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

Se establecieron cinco experimentos para evaluar híbridos de maíz amarillo duro, dichos experimentos se realizaron en diferentes ambientes y años agrícola denominados como: A1= La Molina en el año 2016, A2= Oxapampa en el año 2016, A3= La Molina en el año 2017, A4= La Molina en el año 2018 y el ambiente A5= La Molina en año 2019, Los experimentos en La Molina, fueron realizados en terrenos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, ubicada en el departamento de Lima.

3.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS

Los experimentos se realizaron bajo las condiciones climáticas existentes en las localidades de Oxapampa y La Molina. El clima en la provincia de Oxapampa varía entre, húmedo y cálido con temperaturas medias de 23 °C a 24 °C. (Municipalidad provincial de Oxapampa, 2010). En el distrito La Molina los experimentos se llevaron a cabo entre 243 a 251 m.s.n.m (Estación Meteorológico Convencional Von Humboldt- UNALM).

Tabla 3. Condiciones climáticas en los diferentes ambientes en Perú

Amb	Ubicación		T° (°C)			H (%)	Lluvia (mm)	VV (m/s)
	λ	ϕ	\bar{X}	Max	Min			
A1	12°5'17.12"	76°55'32.63"	11.1	18.80	4.1	66.1	308	5.3
A2	10°34'39"	75°24'6.01"	14.60	25.50	10.60	88.17	265	4.70
A3	12°5'17.12"	76°55'32.63"	15.71	19.44	13.64	81.61	130	2.20
A4	12°5'17.12"	76°55'32.63"	18.59	23.83	15.14	78.56	220	2.98
A5	12°5'17.12"	76°55'32.63"	18.63	22.90	15.73	80.75	160	2.72

Amb= Ambientes, λ =Latitud, ϕ = Longitud, T° (°C) = Temperatura en grados centígrados, Max=Temperatura máxima; Min= Temperatura mínima; H (%) porcentaje de humedad relativa, VV (m/s) Velocidad del viento en metros por segundo. Fuente: SENAMHI (2016-2019)

3.3. MATERIAL VEGETAL EXPERIMENTAL

En cada ambiente en estudio se evaluaron 30 híbridos (también denominados genotipos o variedades) de maíz amarillo duro (MAD), los cuales constituyen los tratamientos, cada tratamiento es una semilla híbrida distinta. Del total de híbridos evaluados, 28 son híbridos simples generados por cruzas con líneas del CIMMYT y 2 híbridos dobles (PM-213 y EXP-05) de la UNALM, utilizados como testigos con la finalidad de comparar las variables evaluadas con el resto de genotipos, principalmente la estabilidad de rendimiento de grano, ya que estos son reconocidos como variedades comerciales, usados por los agricultores en la región.

Tabla 4. Híbridos de maíz amarillo duro evaluados en diferentes ambientes en Perú

Híbrido	Genealogía	Origen
H ₁	2x1(HS)	CIMMYT
H ₂	3x1(HS)	CIMMYT
H ₃	4x1(HS)	CIMMYT
H ₄	5x1(HS)	CIMMYT
H ₅	6x1(HS)	CIMMYT
H ₆	7x1(HS)	CIMMYT
H ₇	8x1(HS)	CIMMYT
H ₈	12x11(HS)	CIMMYT
H ₉	13x11(HS)	CIMMYT
H ₁₀	14x11(HS)	CIMMYT
H ₁₁	15x11(HS)	CIMMYT
H ₁₂	16x11(HS)	CIMMYT
H ₁₃	17x11(HS)	CIMMYT
H ₁₄	21x20(HS)	CIMMYT
H ₁₅	22x20(HS)	CIMMYT
H ₁₆	23x20(HS)	CIMMYT
H ₁₇	24x20(HS)	CIMMYT
H ₁₈	25x20(HS)	CIMMYT
H ₁₉	29x28(HS)	CIMMYT
H ₂₀	30x28(HS)	CIMMYT
H ₂₁	31x28(HS)	CIMMYT
H ₂₂	32x28(HS)	CIMMYT
H ₂₃	36x35(HS)	CIMMYT
H ₂₄	37x35(HS)	CIMMYT
H ₂₅	38x35(HS)	CIMMYT
H ₂₆	42x41(HS)	CIMMYT
H ₂₇	43x41(HS)	CIMMYT
H ₂₈	47x46(HS)	CIMMYT
H ₂₉	PM-213(HD)	UNALM
H ₃₀	EXP-05(HD)	UNALM

H_n= Enumeración de cada híbrido, HS= Híbridos simples, HD= Híbridos dobles, CIMMYT, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, UNALM, Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.4. ÁREA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

En cada ambiente se delimitó el área experimental con mismas dimensiones, para lograr uniformizar con un mismo número de tratamientos, bloques incompletos y repeticiones, de tal manera que se tuviera facilidad en el manejo del cultivo y análisis de los datos. La unidad experimental fue constituida por dos surcos, y considerando el efecto de borde cada surco tuvo 6 metros de largo y 0.8 metros entre surcos. Se sembraron dos plantas por golpe a un distanciamiento entre planta de 0.40 metros. Se obtuvo el número de golpes por surco, dividiendo los 6 metros por la distancia entre planta, esto generó 15 espacios, resultando en 16 golpes por surco y un total de 32 golpes en los dos surcos, por tanto, 64 plantas sembradas por unidad experimental. Dicho de otra forma, resultaron 32 golpes, en dos surcos con 16 golpes en cada uno.

Los diseños de bloques completos al azar (DBCA) tienen la ventaja de que son simples y funcionan bien cuando las condiciones ambientales dentro de un bloque son uniformes, como suele ser el caso en estudios con un número reducido de genotipos (menos de 10) y condiciones óptimas de campo. Sin embargo, los diseños de bloques completos al azar no se recomiendan para experimentos que involucren más de 10 genotipos o para condiciones de campo variables (Bos 2008).

Por tal razón el diseño experimental utilizado fue Láctice Rectangular Triple 5X6 (diseño de bloques incompletos), con tres repeticiones en cada año. Cada Bloque Incompleto fue conformado por cinco unidades experimentales. Este diseño fue el utilizado debido a que las condiciones de suelo son variables y también por la disponibilidad del material experimental, permitiendo dividir el campo en subbloques más pequeños y homogéneos para el análisis, creando una mayor reducción en la variación dentro del ambiente para que las diferencias entre los genotipos se midan con mayor precisión. Los genotipos corresponden al modelo I o fijo, debido a que los híbridos son seleccionados previamente para ser sometidos a evaluación. Se aleatorizaron los bloques, siguiendo el plan 5x6 recomendado por Cochran y Cox (1957), asimismo los genotipos dentro del bloque y entre bloques, para crear independencia de los errores experimentales debido a heterogeneidad en las parcelas.

El modelo aditivo lineal para el análisis de varianza es el siguiente para cada año:

$$Y_{ijk} = \mu + R_k + \tau_i + B_{lj}(k) + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Observación del genotipo i -ésimo, del j -ésimo bloque incompleto dentro de la k -ésimo repetición.

μ : Es la media general del experimento.

R_k : Efecto de la repetición k -ésimo.

τ_i : Efecto del i -ésimo genotipo.

$BI_j(k)$: Efecto del j -ésimo bloque incompleto dentro de la k -ésima repetición.

ϵ_{ijk} : Es el efecto residual intra BI o error intra bloque incompleto, que se considera que está normal e independientemente distribuido con media cero y varianza σ_e^2 .

Tabla 5. Análisis de variancia individual del diseño de Látice Rectangular Triple 5x6

Fuente de Variación	Fórmulas (GL)	GL
Repetición	$r-1$	2
Genotipos	K^2+k-1	29
Bloques incompletos (ajustados)	rk	15
Error intra bloques	$(r-1)(K^2-1)-k$	43
Total	(rK^2+rk-1)	89

En la Tabla 5, se muestra un análisis individual, es decir de una localidad, pero también se desarrollará un análisis combinado de todas las localidades, para tal efecto se usó el mismo modelo estadístico en cada ambiente, considerando una aleatorización diferente para cada experimento. El modelo matemático lineal es el siguiente:

$$Y_{ijk} = m + L_i + R_j(L_i) + T_k + (LT)_{ik} + E_{ijk}$$

$i = 1, \dots, l$ = número de localidades.

$k = 1, \dots, t$ = número de tratamientos.

$j = 1, \dots, r$ = número de bloques.

Donde:

Y_{ijk} = Valor observado correspondiente a la i -ésima localidad, con el k -ésimo tratamiento, en el j -ésimo bloque.

m = Efecto de la media, constante general para todas las observaciones.

L_i = Efecto de la i -ésima localidad.

T_k = Efecto del k -ésimo tratamiento.

$(LT)_{ik}$ = Efecto de la interacción de la i -ésima localidad y el k -ésimo tratamiento.

e_{ijk} = Error experimental.

Tabla 6. Análisis combinado de treinta (30) genotipos en cinco ambientes en diseño Ládice Triple Rectangular 5X6

Fuente de Variación	Fórmulas (GL)	GL
Ambientes (A)	$(a-1) = 5-1 =$	4
Rep (Ambiente)	$a(r-1) = 5(2) =$	10
Genotipos (G)	$K^2+K-1 = 5^2+5-1 =$	29
IGxA	$(a-1) (K^2+K-1) = (4)(29) =$	116
Bloques (Ambientes)	$ark = (5)(3)(5) =$	75
Error intra-bloques conjunto	$a(r-1) (K^2+K-1) =$	215
Total	$ark^2+ark-1 = 5(3)(25)+ 5(3)(5)-1 =$	449

Rep= Repeticiones; IGxA= Interacción genotipo x ambiente; GL= grados de libertad.

El análisis de varianza combinado se realizó después de haber comprobado la homogeneidad de varianza de los errores, mediante la prueba de Bartlett (Steel y Torrie 1980). En este análisis combinado los genotipos se consideraron como fijos que se serán seleccionados previamente, y los efectos de los ambientes aleatorios. El análisis de datos experimentales se hizo con los softwares estadísticos: MS Excel 2019, SAS System for Windows V8, GEAR (Genotype x Environment Analysis with R for Windows) versión 4.1 y R con interfaz R Studio 2021.09.0.

3.5. VARIABLES DEPENDIENTES A EVALUAR

Se estudió la interacción genotipo x ambiente en variables de interés agronómico, y determinar la estabilidad de los híbridos en cinco ambientes para tal efecto se evaluó:

- a. **Rendimiento en grano en Kg/ha⁻¹ (RG, ajustado al 14 por ciento de humedad) (Rdto)**

Se contabilizó el número (N°) de plantas existentes en cada unidad experimental al momento de la cosecha. Como factor de ajuste por planta faltante (Ff) se aplicó la siguiente expresión:

$$Ff = \frac{[N^\circ \text{ de plantas} - 0,3(N^\circ \text{ de plantas faltantes})]}{[N^\circ \text{ de plantas} - N^\circ \text{ de plantas faltantes}]}$$

Para determinar el contenido de humedad de los granos de maíz cosechados se usó un medidor de humedad, utilizando 300 gramos del grano, obtenidos de tres hileras de una muestra de diez mazorcas para cada unidad experimental. Se ajustó la humedad al 14 por ciento con la siguiente expresión (Fh).

$$Fh = \frac{[100 - \text{porcentaje de humedad del peso a la cosecha}]}{[100-14]}$$

Se determinó el peso en campo (P.C.) del total de las mazorcas en cada unidad experimental.

El porcentaje de desgrane (D) se estimó mediante la expresión:

$$PD = \frac{[\text{peso de grano}]}{[\text{peso de mazorca}]}$$

Finalmente, para calcular el rendimiento de grano se empleó la fórmula de Manrique (1997), la cual es la siguiente.

$$R = \frac{10\ 000}{A} * 0.971 * PD * r$$

Donde: R= rendimiento (kg ha-1); A= área de la parcela (10.24 m2); 0.971= coeficiente de contorno; PD= porcentaje de desgrane = $\frac{\text{Peso de grano}}{\text{Peso de mazorca}} * 100$; r= rendimiento seco corregido de la parcela al 14 por ciento de humedad.

b. Altura de planta (Altp)

Después de la floración se midió la altura en centímetros(cm) desde el cuello de la planta hasta el punto de unión de la hoja bandera con el tallo. Se consideró tomar diez plantas al azar dentro de cada unidad experimental.

c. Altura de la mazorca (Amz)

La altura de mazorca se midió en centímetros (cm), tomándose desde el cuello de la planta hasta el nudo de inserción de la mazorca superior en el tallo de la planta. Se consideró tomar diez plantas al azar dentro de cada unidad experimental.

d. Índice de inserción de la mazorca (Imz)

Relación de la altura de mazorca entre altura de planta. Para ello se consideró tomar 10 lecturas en igual número de plantas del área en estudio.

e. Días a la floración masculina (Fmas)

Se determinó el número de días, desde la siembra hasta la aparición de la flor masculina, cuando se observó más del 50 por ciento de plantas con emisión del polen.

f. Días a la floración femenina (Ffem)

Se determinó el número de días, desde la siembra hasta la aparición de la flor femenina cuando se observó más del 50 por ciento de plantas emitiendo el estigma.

3.6. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

En el contexto de la agricultura, el concepto de estabilidad se utiliza principalmente como criterio para medir la invariabilidad temporal o espacial de características específicas. Aquí, la estabilidad puede entenderse como la constancia de los productos agrícolas, especialmente del rendimiento, durante largos períodos de tiempo o en varios entornos espaciales (Urruty *et al.* 2016). La estabilidad del comportamiento se refiere a su capacidad de ser altamente predecible incluso con variaciones ambientales.

3.6.1. Modelo Eberhart y Russell

El primer método de análisis de estabilidad empleado fue el modelo propuesto por Eberhart y Russell en 1966. Los cálculos se realizaron de acuerdo a lo descrito por los autores, Eberhart y Russell (1966). Esta es una metodología basada en análisis de regresión el cual modificó ligeramente la propuesta de Finlay y Wilkinson (1963), incorporando las desviaciones respecto a la línea de regresión como un segundo criterio de estabilidad (Borém *et al.* 2021).

Mediante esta metodología se obtuvieron adecuados parámetros proporcionando los criterios necesarios para clasificar variedades para la estabilidad. Este modelo determinó la capacidad para valorar el comportamiento de los genotipos de maíz en los diversos ambientes. El modelo estadístico que permitió describir el comportamiento de un genotipo en una serie de ambientes:

$$Y_{ij} = \mu_i + b_i I_j + S_{ij}$$

El significado de los términos son los siguientes: Y_{ij} = media varietal de la i -ésima variedad en j -ésimo ambiente ($i= 1, 2, \dots, v$); ($j= 1, 2, \dots, n$); μ_i = media del rendimiento de la i -ésima

variedad a través de todos los ambientes; b_i = Coeficiente de regresión que mide la respuesta de la i -ésima variedad en los diferentes ambientes; I_j = es el efecto del ambiente o el índice ambiental obtenido como la medida del rendimiento de todas las variedades en el j -ésimo ambiente, menos la media general; S_{ij} = Desviación de la regresión de la i -ésima variedad en el j -ésimo ambiente.

Los parámetros de estabilidad fueron dados por la regresión (b_i) de cada variedad a un ambiente determinado sobre el índice ambiental y por una función de los cuadrados de las desviaciones de dicha regresión (Eberhart y Russell 1966). La regresión lineal permitió observar el rendimiento promedio de cada híbrido y el rendimiento promedio de las localidades, analizando la línea de tendencia de cada genotipo y su comportamiento en ambientes favorables y desfavorables para la producción de maíz (Zambrano *et al.* 2017).

a. Estimación de índice ambiental

Se calculó el índice ambiental (I_{ij}), de los 5 ambientes a fin de cubrir todo el rango posible de condiciones ambientales, que permitió que los parámetros de estabilidad proporcionados sean de utilidad para la recomendación de los híbridos. Se calculó el promedio de cada variedad a través las repeticiones o ambientes de cada ensayo: Y_i ; promedio de cada ambiente a través de todas las variedades evaluadas en cada uno de ellos será $Y_{.j}$ como se indica en la Tabla 7.

Tabla 7. Promedio de rendimiento (Y) de variedades (V) y promedio de rendimiento de ambientes (A)

VARIETADES	AMBIENTES (A)									
	A ₁	A ₂	A ₃	.	.	.	.	.	A _n	
V1	Y ₁₁	Y ₁₂	Y ₁₃	.	.	.	.	.	Y _{1n}	Y _{1.}
V2	Y ₂₁	Y ₂₂	Y ₂₃	.	.	.	.	.	Y _{2n}	Y _{2.}
.
V _v	Y _{v1}	Y _{v2}	Y _{v3}	.	.	.	.	.	Y _{1n}	Y _{1.}
	Y _{.1}	Y _{.2}	Y _{.3}	.	.	.	.	.	Y _{.n}	Y _{..}

El índice ambiental (I_j) es un ambiente determinado se calculó como la diferencia entre el promedio de todas las variedades de dicho ambiente ($\sum_i Y_{ij}/v$) menos el promedio general ($\sum_i \sum_j Y_{ij}/vn$) de acuerdo con la siguiente igualdad:

$$I_j = [(\sum_i Y_{ij}/v) - (\sum_i \sum_j Y_{ij}/vn)]$$

Por consiguiente, la suma de todos los ambientes fue igual a cero, es decir

$$\sum_j I_j = 0.$$

b. Estimación de los parámetros de estabilidad

- El coeficiente de regresión (b_i), es el primer parámetro que se estimó utilizando la siguiente igualdad:

$$b_i = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I_j^2}$$

- El rendimiento de cada variedad puede predecirse utilizando las estimaciones de los parámetros $\hat{Y}_{ij} = \bar{X}_i + b_i I_j$ en donde \bar{X}_i es una estimación de μ_i .
- Desviación de la regresión ($S^2 d_i$): Las desviaciones entre el valor observado y el valor de predicción, es decir, $\hat{\delta}_{ij} = (Y_{ij} - \hat{Y}_{ij})$ pueden elevarse al cuadrado y sumarse para proporcionar una estimación de otro parámetro de estabilidad ($\sigma^2 d_i$). Las desviaciones de regresión es el segundo parámetro utilizado como criterio para evaluar la estabilidad. Se obtuvo mediante la igualdad:

$$S^2 d_i = \left[\frac{\sum_j \hat{\delta}_{ij}^2}{(n-2)} \right] - \frac{S_e^2}{r}$$

Donde:

$\frac{S_e^2}{r}$ = Estimación de error conjunto o agrupado (o variancia de una media varietal en el j-ésimo ambiente o localidad.

S_e^2 = Promedio ponderado de los errores experimentales.

r = Número de repeticiones del experimento.

Finalmente: $\sum_i \hat{\delta}_{ij}^2 = \left[\sum_i Y_{ij}^2 - \frac{Y_i^2}{n} \right] - \frac{(\sum_j Y_{ij} I_j)^2}{\sum_j I_j^2}$

c. Análisis de varianza para estabilidad

Tabla 8. Análisis de varianza apropiado, cuando se estiman parámetros de estabilidad

Fuente de variación	G.L.	Suma de Cuadrados	C.M.
Total	nv-1	$\sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - F. C.$	
Variedades (V)	v - 1	$\frac{1}{n} \sum_i Y_i^2 - F. C.$	CM ₁
Ambiente(A) + VxA	v(n-1)	$\sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - \frac{\sum_i Y_i^2}{n}$	
Ambientes (lineal)	1	$\frac{\frac{1}{v} (\sum_j Y_j I_j)^2}{\sum_j I_j^2}$	
V x A (lineal)	v-1	$\sum_i \frac{[(\sum_j Y_{ij} I_j)^2]}{\sum_j I_j^2} - \text{Ambiente (lineal) S.C.}$	CM ₂
Desviación conjunta	v(n-2)	$\sum_i \sum_j \delta_{ij}^2$	CM ₃
Variedad 1 · · · Variedad (v)	n-2 · · · n-2	$[\sum_j Y_{1j}^2 - \frac{(Y_{1.})^2}{n}] - [\frac{(\sum_j Y_{1j} I_j)^2}{\sum_j I_j^2}]$ · · · $[\sum_j Y_{vj}^2 - \frac{Y_v^2}{n}] - \frac{(\sum_j Y_{vj} I_j)^2}{\sum_j I_j^2} = \sum_j \delta_{vj}^2$	
Error conjunto	n(r-1)(v-1)		CM ₄

G.L.= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios. Fuente: Eberhart y Russell (1966)

Los G.L. del error se obtuvieron sumando los grados de libertad a los experimentos en donde se evaluaron las variedades. El modelo anterior, permitió la suma de cuadrados debido a ambientes y de variedad por ambientes en ambientes (lineal), variedad por ambientes (lineal) y desviaciones de regresión.

d. Significación de las diferencias

1. **Entre variedades:** la hipótesis nula $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_v$, pudo probarse mediante la prueba de F.

$$F = \frac{CM_1}{CM_3}$$

2. **Entre coeficientes de regresión:** Para probar la hipótesis de que ningún coeficiente de regresión difiere de la unidad (hipótesis nula H_0) se utilizó la prueba de T.

a. $H_0 : b_1 = b_2 = \dots = b_v$

$$F = \frac{CM_2}{CM_3}$$

b. $H_0 : b_i = 1$

$$t = \frac{b_i - 1.0}{S_{b_i}}$$

$$S_{b_i} = \sqrt{\frac{S_{d_i}^2}{\sum_j l_j^2}}$$

3. **Entre desviaciones de la regresión:** Una prueba aproximada de la significación de las ecuaciones de regresión de cada cultivar, se obtuvieron mediante la prueba de F, sugerida por Eberhart y Rusell (1966).

$$H_0 : S_{d_1}^2 = S_{d_2}^2 = \dots = S_{d_v}^2$$

$$F = \frac{\frac{\sum_j \delta_{ij}^2}{n-2}}{S_e^2/r}$$

4. **Interpretación de los parámetros de estabilidad:** La interpretación de los resultados se utilizó el valor del coeficiente de regresión y de las desviaciones de regresión, estos caracterizaron diferentes tipos o formas de respuesta de una variedad al medio ambiente. Con la Tabla 9, se consiguió realizar la interpretación de estos parámetros.

Tabla 9. Clasificación de cultivares de acuerdo a los parámetros de estabilidad de Eberthart-Rusell (1969)

Coefficientes de regresión	Desviación de la regresión	Características de la variedad
$b_i = 1.0$	$\delta_{dt}^2 = 0$	Estable y consistente, alto promedio de rendimiento.
$b_i = 1.0$	$\delta_{dt}^2 > 0$	Estable pero inconsistente.
$b_i > 1.0$	$\delta_{dt}^2 = 0$	Buena respuesta ambientes favorables y consistentes (interacciona positivamente con los mejores ambientes, pero negativamente con los malos ambientes). Recomendable para agricultura con buena tecnología y poco riesgo de encontrar ambientes pobres.
$b_i > 1.0$	$\delta_{dt}^2 > 0$	Buena respuesta ambiente favorable, pero inconsistente.
$b_i < 1.0$	$\delta_{dt}^2 = 0$	Buena respuesta relativa ambiente desfavorable o pobre respuesta ambiente desfavorable o ricos pero consistentes.
$b_i < 1.0$	$\delta_{dt}^2 > 0$	Buena respuesta ambientes desfavorables e inconsistentes.

Potencial de ambientes: Fluctúan entre menos (-) y más (+); Ambiente rico: se caracteriza por tener índices ambientales altos y de signo positivo (+).; Ambiente pobre: Se caracteriza por tener índices ambientales bajos y de signo negativo (-) Fuente: Márquez-Sánchez (1991)

Los programas de fitomejoramiento comúnmente analizan la existencia de una tabla de doble entrada (genotipos y ambientes). Este tipo de tabla presenta ensayos multiambientes (MET), donde es importante probar la adaptación general y específica de los genotipos. Los genotipos están influenciados por diferentes condiciones ambientales y pueden mostrar una variación significativa en el desempeño del rendimiento en relación con otros genotipos, a este tipo de comportamiento se conoce como IGxA (Ferraudo y Perecin 2014).

3.6.2. Modelo AMMI (efectos principales aditivos e interacciones multiplicativas)

También se analizó la interacción genotipo x ambiente mediante el modelo AMMI (efectos principales aditivos e interacciones multiplicativas) (Zobel *et al.* 1988). Esta investigación se llevó a cabo en ensayos de comparación de variedades en distintos ambientes, y dispuestos en varias repeticiones. El modelo AMMI fue útil para el análisis de los genotipos y ambientes y de la IGxA, ya que evidenció su capacidad para el análisis de la estabilidad, la adaptación y la interacción genotipo por ambiente (IGxA) (López-Morales *et al.* 2019). Además, ayudó a obtener estimaciones de rendimiento precisas, selecciones confiables y diseños eficientes, y a comprender o modelar conjuntos de datos complejos (Gauch 1992).

Se tomó en consideración que la suma total de cuadrados para los datos de rendimiento puede separarse generalmente en tres partes: Efecto principal genotípico, efecto principal ambiental, interacción genotipo x ambiente. Los efectos principales son aditivos, siendo la interacción no-aditiva. Debido a que la interacción no se estima en términos individuales de genotipo y ambiente, la partición aditiva llega a ser imposible. Por tanto, la alternativa más simple para el análisis fue una suma de términos multiplicativos. Con el modelo AMMI se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) para calcular los efectos aditivos de genotipo y ambiente, y posteriormente un Análisis de Componentes Principales (ACP) para analizar los efectos no aditivos de la interacción.

Se consideró el conjunto de “g” genotipos que han sido probados experimentalmente en “e” ambientes, (A1, A2, A3 A4 y A5), la media de cada combinación de genotipo y ambiente se presentó en una matriz de dimensión GxE, asociada a los genotipos (g_i) colocados en filas. ($i = 1,2,\dots,g$) y los ambientes e_j en columnas ($j = 1,2,\dots,e$).

$$Y_{(gxe)} = \begin{bmatrix} \bar{Y}_{11} & \bar{Y}_{12} & L \bar{Y}_{1e} \\ \bar{Y}_{21} & \bar{Y}_{22} & L \bar{Y}_{2e} \\ \bar{Y}_{31} & \bar{Y}_{32} & L \bar{Y}_{3e} \\ M & M & O M \\ \bar{Y}_{g1} & \bar{Y}_{g2} & L \bar{Y}_{ge} \\ (\bar{Y}_{.1} & \bar{Y}_{.2} & L \bar{Y}_{.e}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{Y}_{1.} \\ \bar{Y}_{2.} \\ \bar{Y}_{3.} \\ M \\ \bar{Y}_{g.} \\ (\bar{Y}_{..}) \end{bmatrix}$$

Donde los vectores marginales son los vectores de medias de filas y columnas de los elementos de la matriz $Y_{(gxe)}$ y $(\bar{Y}_{..})$ es la media general de los datos. Con este modelo se

construyó primero un Análisis de Varianza (ANOVA) con dos factores a partir de la matriz de medias $Y(\text{gxe}) = [Y_{ij}]$ y para calcular los principales efectos aditivos de genotipo y ambiente se utilizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) sobre los residuos de este modelo aditivo para estudiar los efectos no aditivos de la interacción genotipo x ambiente. Para este análisis no se partió de la matriz de medias descrita, sino que se realizó la siguiente transformación $(\hat{g}e)_{ij} = \bar{Y}_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{Y}..$ que constituye la matriz de interacciones a partir de la cual se estimaron los términos de la interacción multiplicativa, dichos términos son estimados por medio de la descomposición del valor singular (DSV) a partir de la matriz IGE qui contiene los residuos del modelo aditivo luego de ajustar por mínimos cuadrados el modelo de efectos principales que contiene los efectos que se quieren descontar (Contreras y Barzola 2006; Mandel 1971).

El modelo de efectos principales aditivos e interacciones multiplicativas (AMMI) propuesto (Mandel 1971; Brennan *et al.* 1981; Crossa *et al.* 1990; Zobel *et al.* 1988), fue representado por la ecuación:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + a_j \sum_{k=1}^k \lambda_k \alpha_{ik} \gamma_{jk} + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = es el rendimiento del i-ésimo genotipo en el j-ésimo ambiente

Los parámetros aditivos son: μ = media general; G_i = Efecto del i-ésimo genotipo; a_j = Efecto del j-ésimo ambiente; λ_k = Valor propio del componente principal K; $\alpha_{ik} * \gamma_{jk}$ = Valor del componente principal k de genotipo y localidad; y ε_{ij} = Error experimental.

Este modelo permitió generar una gráfica biplot por cada variable con su respectivo componente principal (CP). Para el cálculo de las coordenadas del ACP, genotípicas y ambientales, se utilizaron los parámetros multiplicativos. Se multiplicó la raíz cuadrada del valor propio λ_k por su vector propio asociado, así $\sqrt{\lambda_k} \gamma_{jk}$ presentaron las coordenadas genotípicas y $\sqrt{\lambda_k} \alpha_{ik}$ las coordenadas ambientales. El producto de dichas coordenadas (genotípicas y ambientales) permitió obtener la estimación de la interacción ($\lambda_k \alpha_{ik} \gamma_{jk}$) de un determinado genotipo en cualquier ambiente. El conjunto de estos valores constituyó la matriz de datos estimada por este modelo. El término λ_k da la proporción de la variación debida a la interacción genotipo x ambiente en el k-ésimo componente. Para realizar la

descomposición de la suma de cuadrados de la interacción asociada al análisis de varianza para un modelo bifactorial se empleó de la forma siguiente:

Tabla 10. Descomposición de la suma de cuadrados de la interacción

Fuente de Variación	GL	SC
INT GxA	(I-1) (J-1)	$K\sum\lambda_i^2$
AMMI ₁	(I-1) + (J+1)-1	$K\lambda_1^2$
AMMI ₂	(I-1) + (J+1)-3	$K\lambda_2^2$
-----	-----	-----
AMMI _M	(I-1) + (J+1)-2L-1	$K\lambda_M^2$

Se realizó el análisis de varianza para conocer si el modelo con G términos multiplicativos es válido se utilizó como variabilidad total la correspondiente a la interacción, se determinó el residual de la interacción asociada a la parte de la variabilidad total (interacción) que no es explicada por los G términos multiplicativos, y se calculó la prueba F correspondiente según criterios de Gollob (1968).

Tabla 11. ANOVA para la selección del número de términos multiplicativos

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F
INT GxA	(I-1) (J-1)	$K\sum\lambda_i^2$		
AMMI ₁	(I-1) + (J+1)-1	$K\lambda_1^2$		
AMMI ₂	(I-1) + (J+1)-3	$K\lambda_2^2$		
-----	-----	-----		
AMMI _G	(I-1) + (J+1)-2L-1	$K\lambda_M^2$	S.C/G.L	C.M.AMMI _G /C.M.Res
Residual	Por diferencia	Por Dif.	C.M.Res	

Zobel *et al.* (1988) indica que el método AMMI genera un análisis más detallado de la interacción IGxA, afirma que la selección de genotipos con mayor rendimiento (capaces de acumular las interacciones positivas con los ambientes), provee estimaciones más precisas de las respuestas genotípicas y logrando un sencilla representación gráfica e interpretación de los resultados del análisis estadístico.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DE VARIANZA COMBINADO

El análisis de varianza combinado, el cual descompone la variabilidad total de los datos en sus diversos componentes se muestra en la Tabla 12. La interacción genotipo x ambiente (IGxA) en los ambientes de prueba resultó altamente significativa ($P \leq 0.01$) para todas las variables. La significancia en la IGxA toma interés en rasgos poligénicos de importancia agronómica del maíz, por ejemplo, el rendimiento de grano. Las variables respuestas tienen mediciones independientes mostrando así, coeficientes de variación (CV) entre 1.19 y 13.02 por ciento teniendo la mayor variación la característica altura de planta.

Tabla 12. Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza combinado para las variables rendimiento de grano (Rdto) t/ha, altura de planta (Altp) cm, altura de mazorca (Amz) cm, índice de inserción de mazorca (Imz), días a floración masculina (Fmas) y días a floración femenina (Ffem) en cinco ambientes

Fuentes de variación	g.l	Rdto	Altp	Amz	Imz	Fmas	Ffem
Ambientes	4	382.18**	11237.81 ns	11446.65**	0.080**	3908.67**	4013.93*
Repeticiones/Ambientes	10	6.61**	1343.92**	447.36**	0.000 ns	7.14**	4.95 ns
Genotipos	29	14.51**	5176.67**	2531.19**	0.008**	42.69**	61.24**
Ambientes x Genotipos	116	4.12**	354.27**	175.38**	0.002**	4.25**	4.32**
Bloques/Ambientes	75	2.37**	536.22 ns	186.07**	0.001**	3.78 ns	4.45**
Error Intra-bloque Conjunto	215	0.81	96.70	44.15	0.000	1.16	1.45
Total	449	6.34	691.79	372.95	0.002	40.02	42.38
CV (%)	-	11.53	13.02	6.33	4.55	1.19	1.30
Promedio general	-	7.81	202.09	104.96	0.52	90.25	92.40

*=significativo al nivel de 5 por ciento ($P \leq 0.05$); **=altamente significativo al nivel de 1 por ciento ($P \leq 0.01$); ns=no significativo; CM=cuadrados medios; g.l =grados de libertad; CV (%) =Coeficiente de variación.

La significación estadística en IGxA indica que los genotipos se han comportado de manera distinta en cada ambiente, es decir, existe un cambio diferencial en la variable respuesta al someter a los genotipos en los ambientes. Los ambientes tuvieron alta significancia estadística ($P \leq 0.01$) en las variables rendimiento de grano, altura de mazorca, índice de inserción de mazorca y días a floración masculina. En días a floración femenina resultó significativo ($P \leq 0.05$) y para altura de planta no significativo. El efecto de genotipos en todos los ambientes mostró diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) y estos resultados concuerdan con lo explicado por Mendoza *et al.* (2021) que indica que el efecto significativo de variedades ($P \leq 0.01$), obedece a las condiciones contrastantes de los ambientes de prueba y la divergencia genética entre las variedades utilizadas en el estudio.

4.1.1. Rendimiento de grano (Rdto)

Tabla 13. Cuadrados Medios (CM) del análisis de varianza para rendimiento de grano (en toneladas por hectárea) en los ambientes de prueba

Fuentes de variación	g.l	A1	A2	A3	A4	A5
Repeticiones	2	1.944	1.865	3.846	24.574**	0.801
Genotipos (Sin ajustar)	29	3.179**	7.102*	6.297**	7.740**	6.669**
BI (ajustados)	15	2.575**	3.482*	2.385**	2.979**	0.423 ns
Error intra-bloque	43	0.888	0.922	0.836	0.987	0.424
Total	89	1.942	3.388	2.944	4.053	2.467
CV (%)	-	13.46	8.85	11.34	12.47	12.60
Promedio	-	7.00	10.85	8.06	7.97	5.17

*=significativo al nivel de 5 por ciento ($P \leq 0.05$); **=altamente significativo al nivel de 1 por ciento ($P \leq 0.01$); ns =no significativo; BI=Bloques incompletos; CM=cuadrados medios; g.l =grados de libertad; CV (%) =Coeficiente de variación.

La Tabla 13, muestra que los genotipos resultaron con alta significancia estadística ($P \leq 0.01$) para rendimiento de grano en los ambientes A1, A3, A4 y A5 y significancia estadística ($P \leq 0.05$) en el ambiente A2. Estos resultados indican que los genotipos tuvieron un comportamiento diferente en los distintos ambientes. Los resultados concuerdan con Caicedo *et al.* (2017) y González *et al.* (2010). Los promedios del rendimiento de grano resultaron entre 5.17 y 10.85 en los ambientes A5 y A2, respectivamente. Los híbridos H₂₄ (37x35) y H₂₅ (38x35) superan las nueve toneladas según los resultados en la Tabla 14., los resultados coinciden con los encontrados por Pezo (2022). El coeficiente de variación (CV) osciló entre 8.85 a 13.46 por ciento en los ambientes A2 y A1, respectivamente.

Tabla 14. Comparación de medias según prueba DMS con un nivel de significación del 5 por ciento para el rendimiento de grano de los híbridos evaluados en los ambientes

A1		A2		A3		A4		A5	
Hn	Rdto	Hn	Rdto	Hn	Rdto	Hn	Rdto	Hn	Rdto
H23	9.358	H13	13.944	H25	11.180	H24	11.679	H25	8.267
H24	9.237	H3	13.833	H24	10.457	H15	11.001	H24	8.195
H19	8.559	H14	13.074	H28	10.302	H25	10.689	H19	7.699
H25	8.519	H22	13.013	H22	9.569	H10	10.109	H23	7.090
H14	8.025	H27	12.793	H23	9.410	H22	9.266	H15	7.089
H18	7.792	H9	12.079	H12	9.206	H28	9.150	H29	6.548
H8	7.635	H28	12.068	H21	8.696	H9	9.112	H10	6.060
H15	7.595	H26	11.876	H9	8.610	H11	8.852	H21	5.815
H22	7.351	H23	11.836	H16	8.585	H21	8.725	H30	5.782
H3	7.343	H7	11.557	H20	8.560	H23	8.514	H22	5.684
H2	7.189	H11	11.497	H11	8.559	H19	8.503	H4	5.640
H9	7.140	H21	11.425	H18	8.523	H20	8.499	H28	5.583
H13	7.059	H10	11.131	H29	8.500	H29	8.359	H9	5.533
H26	6.910	H29	10.951	H27	8.478	H13	8.212	H13	5.157
H20	6.909	H15	10.725	H13	8.341	H17	8.034	H20	5.051
H29	6.827	H24	10.630	H19	8.220	H12	8.016	H14	4.921
H10	6.715	H6	10.607	H6	8.157	H3	7.826	H18	4.863
H17	6.687	H2	10.258	H3	8.149	H5	7.529	H17	4.830
H27	6.650	H20	10.039	H10	7.845	H26	7.351	H12	4.777
H4	6.595	H5	10.002	H4	7.768	H4	7.285	H6	4.647
H21	6.467	H30	9.979	H17	7.751	H6	6.889	H3	4.223
H28	6.447	H1	9.745	H14	7.457	H2	6.873	H26	4.178
H7	6.304	H19	9.467	H26	7.306	H18	6.622	H27	3.884
H12	6.289	H16	9.462	H15	6.636	H8	6.431	H11	3.702
H11	6.070	H17	9.412	H7	6.628	H1	6.348	H16	3.638
H30	6.038	H4	9.192	H5	6.528	H27	6.107	H8	3.636
H5	5.922	H12	9.108	H30	6.062	H30	5.999	H7	3.466
H6	5.783	H8	8.843	H1	5.848	H7	5.969	H1	3.132
H16	5.612	H18	8.776	H8	5.647	H16	5.867	H5	2.989
H1	4.941	H25	8.287	H2	4.823	H14	5.310	H2	2.986
\bar{X} Amb	6.999c		10.854a		8.060b		7.971b		5.169d

A1=Ambiente La Molina-2016; A2=Ambiente Oxapampa-2016; A3=Ambiente La Molina-2017; A4=Ambiente La Molina-2018; A5=Ambiente La Molina-2019; DMS=Diferencia Mínima Significativa (A1=1.552; A2=1.581; A3= 1.505; A4=1.636; A5=1.072); \bar{X} Amb= Promedio de ambientes.

En la Tabla 14, se muestra los promedios de los rendimientos en grano en t ha⁻¹ de los 30 híbridos evaluados en cada ambiente; con la prueba de Diferencia Mínima Significativa DMS al 5 por ciento de significación ($P \leq 0.05$) e indica que los híbridos H₂₃ y H₂₄ presentaron el mayor rendimiento en grano en el ambiente La Molina-2016 con promedio de 9.358 y 9.237 t ha⁻¹ respectivamente, mientras que el híbrido simple H₁ tiene el menor rendimiento en grano promedio (4.941 t ha⁻¹). Los híbridos H₁₃ y H₃ obtuvieron mayor rendimiento en el

ambiente Oxapampa-2016 con 13.944 y 13.833 t ha⁻¹ y el híbrido con menor rendimiento para este ambiente fue H₂₅ (8.287 t ha⁻¹).

En el ambiente A3 (La Molina-2017), los híbridos que obtuvieron mayor rendimiento fueron H₂₅ y H₂₄ con 11.180 y 10.457 t ha⁻¹, respectivamente, y H₂ con el menor rendimiento de 4.823 t ha⁻¹. En el ambiente A4 (La Molina-2018), los híbridos que obtuvieron mayor rendimiento fueron H₂₄ y H₁₅ con 11.679 y 11.001 t ha⁻¹, respectivamente, y H₁₄ fue el híbrido de menor rendimiento con 5.310 t ha⁻¹. En el Ambiente A5 (La Molina-2019), los híbridos que obtuvieron mayor rendimiento fueron H₂₅ y H₂₄ con 8.267 y 8.195 t ha⁻¹, respectivamente, y H₂ fue el híbrido con menor rendimiento con 2.986 t ha⁻¹.

En el ambiente A1 según la prueba DMS al 5 por ciento de significación estadística, del total de híbridos evaluados, los que más se recomiendan de acuerdo a su mayor rendimiento promedio son: H₂₃, H₂₄, H₁₉, H₂₅ y H₁₄ con rendimientos de 9.358, 9.237, 8.559, 8.519 y 8.025 toneladas por hectárea, respectivamente. Los menos recomendados son H₂₁, H₂₈, H₇, H₁₂, H₁₁, H₃₀, H₅, H₆, H₁₆, H₁, con rendimientos de 6.467, 6.447, 6.304, 6.289, 6.070, 6.038, 5.922, 5.783, 5.612 y 4.941 t ha⁻¹, respectivamente. Asimismo, en el ambiente A2 del total de híbridos evaluados, los que más se recomiendan de acuerdo a su mayor rendimiento promedio son: H₁₃, H₃, H₁₄, H₂₂ y H₂₇ con rendimientos de 13.944, 13.833, 13.074, 13.013 y 12.793 t ha⁻¹, respectivamente. Los menos recomendados son H₁, H₁₉, H₁₆, H₁₇, H₄, H₁₂, H₈, H₁₈ y H₂₅ con rendimientos de 9.745, 9.467, 9.462, 9.412, 9.192, 9.108, 8.843, 8.776 y 8.287 t ha⁻¹, respectivamente.

En el ambiente A3 del total de híbridos evaluados, los que más se recomiendan de acuerdo a su mayor rendimiento promedio son: H₂₅, H₂₄ y H₂₈ con rendimientos de 11.180, 10.457 y 10.302 t ha⁻¹, respectivamente. Los menos recomendados son H₃₀, H₁, H₈ y H₂ con rendimientos de 6.062, 5.848, 5.647 y 4.823 t ha⁻¹, respectivamente. En el ambiente A4 del total de híbridos evaluados, los que más se recomiendan de acuerdo a su mayor rendimiento promedio son: H₂₄, H₁₅, H₂₅ y H₁₀ con rendimientos de 11.679, 11.001, 10.689 y 10.109 t ha⁻¹, respectivamente. Los menos recomendados son H₆, H₂, H₁₈, H₈, H₁, H₂₇, H₃₀, H₇, H₁₆ y H₁₄ con rendimientos de 6.889, 6.873, 6.622, 6.431, 6.348, 6.107, 5.999, 5.969, 5.867 y 5.310 t ha⁻¹, respectivamente.

Finalmente, en el ambiente A5 según la prueba DMS al 5 por ciento de significación estadística del total de híbridos evaluados, los que más se recomiendan de acuerdo a su mayor rendimiento promedio son: H₂₅, H₂₄ y H₁₉ con rendimientos de 8.267, 8.195 y 7.699 t ha⁻¹, respectivamente. Los menos recomendados son H₂₇, H₁₁, H₁₆, H₈, H₇, H₁, H₅ y H₂ con rendimientos de 3.884, 3.702, 3.638, 3.636, 3.466, 3.132, 2.989 y 2.986 t ha⁻¹, respectivamente.

4.1.2. Altura de planta (Altp)

Tabla 15. Cuadrados Medios (CM) del análisis de varianza para altura de planta (en centímetros) en los ambientes de prueba

Fuentes de variación	g.l	A1	A2	A3	A4	A5
Repeticiones	2	1778.088**	810.528**	906.094**	2451.449**	773.436**
Genotipos (Sin ajustar)	29	1009.949**	1329.275**	1154.227**	1183.548**	1916.743**
BI (ajustados)	15	134.579 ns	475.983**	1061.111**	619.075**	390.351**
Error intra-bloque	43	112.525	76.608	73.772	145.428	75.160
Total	89	446.089	568.583	610.939	615.341	744.040
CV (%)	-	5.77	4.40	4.07	5.74	4.19
Promedio	-	183.96	198.89	210.84	209.97	206.78

*=significativo al nivel de 5 por ciento ($P \leq 0.05$); **=altamente significativo al nivel de 1 por ciento ($P \leq 0.01$); ns=no significativo, BI=Bloques incompletos, CM= cuadrados medios; g.l = grados de libertad; CV (%) = Coeficiente de variación.

Los resultados de altura de planta mostrados en la Tabla 15 indican que los genotipos presentan significancia estadística significativa ($P \leq 0.01$) para todos los ambientes, es decir, el comportamiento de esta variable es distinta en cada ambiente de prueba. El promedio de altura de planta de los genotipos resultó entre 198.89 y 210.84 que corresponde a los ambientes A2 y A3, respectivamente. El coeficiente de variación (CV) osciló entre 4.07 y 5.77 por ciento en los ambientes A3 y A1, respectivamente.

En la Tabla 16, se muestra los promedios de altura de planta en centímetros de los 30 híbridos evaluados en cada ambiente; con la prueba de Diferencia Mínima Significativa DMS al 5 por ciento de significación ($P \leq 0.05$), indica que los híbridos H₂₉ y H₃ con altura promedio de 217.633 y 214.300 centímetros, respectivamente, son los de mayor altura, y el menor promedio de altura corresponde a H₁₆ con 143.700 centímetros para el ambiente A1. Los híbridos H₃ y H₂₂ con altura de 254.700 y 240.200 centímetros, respectivamente, son los de mayor altura y el que tiene menor altura es el híbrido H₁₆ con 164.933 centímetros para el ambiente A2. Los híbridos H₂₉ y H₃ con alturas de 247.000 y 244.333 centímetros son los que obtuvieron una mayor altura en ambiente A3 y el que obtuvo menor promedio es el H₂

con 178.167 centímetros. Para el ambiente A4 los híbridos con mayor promedio en altura son H₂₉ y H₂₅ con 266.867 y 236.367 centímetros, respectivamente, y el de menor altura es el híbrido H₁₆ con 170.167 centímetros. En el ambiente A5 los híbridos con mayor altura son H₂₉ y H₃₀ con 279.500 y 245.000 centímetros, respectivamente, y el híbrido con menor altura de planta es H₁ con 163.167 centímetros.

Tabla 16. Comparación de medias según prueba DMS con un nivel de significación del 5 por ciento para altura de planta (Altp) en cm de los híbridos (Hn) evaluados en los ambientes

A1		A2		A3		A4		A5	
Hn	Altp	Hn	Altp	Hn	Altp	Hn	Altp	Hn	Altp
H29	217.633	H3	254.700	H29	247.000	H29	266.867	H29	279.500
H3	214.300	H22	240.200	H3	244.333	H25	236.367	H30	245.000
H19	206.367	H29	233.233	H22	243.833	H3	235.600	H19	235.667
H30	205.433	H30	225.800	H27	237.167	H19	232.033	H22	233.000
H22	202.600	H7	217.433	H19	232.733	H30	228.067	H25	226.167
H25	196.933	H27	215.967	H24	231.833	H22	225.133	H9	225.000
H13	196.033	H24	209.767	H12	226.667	H10	224.933	H3	223.667
H20	192.900	H19	209.167	H25	226.667	H9	224.333	H24	222.833
H9	191.833	H14	209.033	H13	224.333	H13	222.533	H27	217.000
H14	190.967	H13	208.467	H23	217.667	H24	219.767	H13	215.500
H5	190.633	H28	204.900	H21	213.667	H27	217.767	H14	214.333
H24	189.833	H4	202.600	H4	212.167	H4	216.867	H28	213.833
H15	188.633	H23	201.600	H20	211.000	H7	212.233	H12	213.333
H12	187.800	H12	201.000	H7	210.833	H28	210.500	H20	212.500
H6	186.500	H15	194.533	H18	210.833	H11	209.433	H23	211.167
H28	185.767	H2	193.800	H30	210.500	H18	205.767	H4	210.000
H21	184.467	H8	193.033	H9	210.167	H15	205.633	H21	206.167
H23	182.000	H6	191.500	H11	208.833	H14	204.100	H10	202.167
H4	181.900	H11	190.033	H6	207.167	H23	202.767	H7	201.500
H7	181.100	H9	187.433	H14	206.667	H6	201.933	H18	200.667
H27	178.200	H25	186.200	H10	201.333	H12	198.100	H15	198.833
H10	178.133	H17	183.000	H28	198.833	H21	197.833	H17	191.167
H11	177.967	H26	183.000	H17	195.333	H5	196.233	H8	182.000
H18	176.867	H10	182.900	H16	192.167	H1	195.067	H26	180.833
H2	173.667	H18	180.867	H5	188.500	H20	193.967	H6	180.333
H17	166.533	H1	179.833	H15	186.167	H17	190.433	H11	179.333
H26	158.667	H5	177.967	H26	185.333	H8	187.700	H5	178.000
H1	147.267	H20	173.667	H8	184.167	H26	183.833	H2	177.167
H8	144.200	H21	170.100	H1	181.000	H2	183.133	H16	163.500
H16	143.700	H16	164.933	H2	178.167	H16	170.167	H1	163.167
\bar{X} Amb	183.961c		198.889b		210.836a		209.970a		206.778ab

A1=Ambiente La Molina-2016; A2=Ambiente Oxapampa-2016; A3=Ambiente La Molina-2017; A4=Ambiente La Molina-2018; A5=Ambiente La Molina-2019; DMS=Diferencia Mínima Significativa (A1=17.467; A2=14.412; A3=14.143; A4=19.857; A5=14.275); \bar{X} Amb=Promedio de ambientes.

Para el ambiente A1 según la prueba DMS al 5 por ciento de significación estadística, del total de híbridos evaluados, los más recomendados de acuerdo a su mayor altura promedio son: H₂₉, H₃, H₁₉, H₃₀ y H₂₂ con alturas de 217.633, 214.300, 206.367, 205.433 y 202.600 centímetros, respectivamente. Los menos recomendados son H₂₆, H₁, H₈ y H₁₆ con alturas de 158.667, 147.267, 144.200 y 143.700 centímetros, respectivamente. Asimismo, en el ambiente A2 del total de híbridos evaluados, el híbrido más recomendado de acuerdo a su mayor altura promedio es H₃ con altura de 254.700 centímetros. Los menos recomendados son: H₅, H₂₀, H₂₁ y H₁₆ con alturas de 177.967, 173.667, 170.100 y 164.933 centímetros, respectivamente. En el ambiente A3 del total de híbridos evaluados, los más recomendados de acuerdo a su mayor altura promedio son: H₂₉, H₃, H₂₂ y H₂₇ con alturas de 247.000, 244.333, 243.833 y 237.167 centímetros, respectivamente. Los menos recomendados son: H₁₆, H₅, H₁₅, H₂₆, H₈, H₁ y H₂ con alturas de 192.167, 188.500, 186.167, 185.333, 184.167, 181.000 y 178.167 centímetros, respectivamente.

En el ambiente A4 del total de híbridos evaluados, el híbrido más recomendado de acuerdo a su mayor altura promedio es H₂₉ con una altura de 266.867 centímetros. Los menos recomendados son: H₈, H₂₆, H₂ y H₁₆ con alturas de 187.700, 183.833, 183.133 y 170.167 centímetros, respectivamente. En el ambiente A5 del total de híbridos evaluados, el híbrido más recomendado de acuerdo a su mayor altura promedio es H₂₉ con una altura de 279.500 centímetros. Los menos recomendados son: H₂, H₁₆ y H₁ con alturas de 177.167, 163.500 y 163.167 centímetros, respectivamente.

4.1.3. Altura de mazorca (Amz)

Tabla 17. Cuadrados Medios (CM) del análisis de varianza para altura de mazorca (en centímetros) en los ambientes de prueba

Fuentes de variación	g.l	A1	A2	A3	A4	A5
Repeticiones	2	522.607**	127.267*	219.730*	1206.614**	160.585*
Genotipos (Sin ajustar)	29	321.760**	617.335**	574.314**	767.225**	952.061**
BI (ajustados)	15	85.496 ns	102.281**	467.831**	119.374*	155.353**
Error intra-bloque	43	49.327	33.091	50.227	50.693	37.410
Total	89	154.829	237.240	295.189	321.721	358.089
CV (%)	-	7.79	6.01	6.28	6.17	5.52
Promedio	-	90.17	95.68	112.83	115.36	110.77

*=significativo al nivel de 5 por ciento ($P \leq 0.05$), **=altamente significativo al nivel de 1 por ciento ($P \leq 0.01$), ns= no significativo, BI=Bloques incompletos, CM=cuadrados medios, g.l =grados de libertad, CV (%) =coeficiente de variación.

En la Tabla 17, se muestran los resultados para altura de mazorca e indica que los genotipos presentan significancia estadística significativa ($P \leq 0.01$) para todos los ambientes, es decir el comportamiento de esta variable es distinta en cada ambiente de prueba. El promedio de los genotipos en altura de mazorca resultó entre 90.17 y 115.36 en los ambientes A1 y A4, respectivamente. El coeficiente de variación (CV) osciló entre 5.52 y 7.79 por ciento en los ambientes A5 y A1, respectivamente.

Tabla 18. Comparación de medias según prueba DMS con un nivel de significación del 5 por ciento para altura de mazorca (Amz) en cm de los híbridos (Hn) evaluados en los ambientes

A1		A2		A3		A4		A5	
Hn	Amz	Hn	Amz	Hn	Amz	Hn	Amz	Hn	Amz
H29	118.167	H3	130.033	H29	149.833	H29	162.233	H29	170.000
H3	110.100	H29	126.167	H24	133.000	H30	142.600	H30	145.000
H22	101.167	H22	118.433	H3	128.833	H19	136.700	H9	130.000
H30	99.133	H24	115.533	H12	128.167	H9	133.567	H13	123.167
H13	98.700	H30	114.933	H22	125.667	H24	128.400	H19	121.667
H12	98.133	H27	107.367	H27	123.833	H25	126.900	H24	120.833
H19	95.533	H7	106.633	H30	123.000	H13	124.800	H22	119.500
H24	95.033	H14	102.333	H13	121.500	H3	124.067	H12	118.333
H21	94.333	H19	101.100	H25	121.000	H7	123.633	H3	117.167
H6	94.067	H28	100.233	H19	120.500	H22	122.300	H28	116.333
H9	92.867	H25	99.233	H6	117.500	H12	121.500	H18	115.500
H28	92.533	H17	95.967	H9	116.167	H10	121.367	H25	115.500
H15	92.300	H9	91.967	H17	115.833	H18	119.767	H14	112.833
H25	91.533	H5	91.600	H4	114.667	H28	115.033	H7	112.667
H14	91.267	H20	91.467	H18	113.833	H6	114.133	H4	111.000
H20	90.667	H15	91.300	H7	112.333	H4	113.867	H21	110.833
H17	90.533	H10	90.600	H21	111.000	H14	112.200	H17	110.200
H2	88.567	H12	90.033	H10	110.500	H15	110.000	H27	106.500
H5	87.767	H23	89.300	H11	109.333	H23	107.833	H20	105.333
H18	86.533	H26	88.767	H23	109.167	H11	106.433	H10	105.000
H11	86.200	H11	88.567	H28	108.033	H21	106.333	H15	101.667
H10	84.967	H13	88.300	H14	107.833	H17	105.000	H6	101.533
H7	84.433	H16	87.333	H20	105.000	H27	104.500	H11	98.833
H27	83.100	H6	86.833	H16	97.500	H5	101.167	H23	98.667
H23	82.333	H8	86.300	H5	95.167	H20	101.000	H26	98.000
H4	81.967	H4	84.867	H8	95.167	H1	98.667	H2	92.500
H26	78.933	H18	79.300	H2	94.667	H26	98.167	H5	90.667
H1	75.567	H2	79.167	H26	94.000	H8	97.333	H8	89.333
H16	70.700	H1	74.700	H1	91.167	H2	91.167	H16	84.000
H8	68.000	H21	72.033	H15	90.667	H16	90.167	H1	80.667
\bar{X} Amb	90.171b		95.680b		112.829a		115.361a		110.774a

A1=Ambiente La Molina-2016; A2=Ambiente Oxapampa-2016; A3=Ambiente La Molina-2017; A4=Ambiente La Molina-2018; A5=Ambiente La Molina-2019. DMS=Diferencia Mínima Significativa (A1=11.565; A2=9.472; A3=11.670; A4=11.724; A5=10.071); \bar{X} Amb= Promedio de ambientes.

En la tabla anterior se muestran los promedios de altura de mazorca en centímetros de los 30 híbridos evaluados en cada ambiente. Con la prueba de Diferencia Mínima Significativa DMS al 5 por ciento de significación ($P \leq 0.05$), indica que los híbridos H₂₉ y H₃ con altura de mazorca promedio de 118.167 y 110.100 centímetros, respectivamente, son los de mayor altura, y el menor promedio de altura de mazorca corresponde a H₈ con 68.000 centímetros para el ambiente A1. Los híbridos H₃ y H₂₉ con altura de 130.033 y 126.167 centímetros, respectivamente, son los de mayor altura de mazorca y el que tiene menor altura es el híbrido H₂₁ con 72.033 centímetros para el ambiente A2. Los híbridos H₂₉ y H₂₄ con alturas de mazorca de 149.833 y 133.000 centímetros, respectivamente, son los que obtuvieron una mayor altura en ambiente A3 y el que obtuvo menor promedio es el H₁₅ con 90.667 centímetros. Para el ambiente A4 los híbridos con mayor promedio en altura de mazorca son H₂₉ y H₃₀ con 162.233 y 142.600 centímetros, respectivamente, y el híbrido con menor altura es H₁₆ con 90.167 centímetros. En el ambiente A5 los híbridos con mayor altura de mazorca son H₂₉ y H₃₀ con 170.000 y 145.000 centímetros, respectivamente, y el híbrido con menor altura es H₁ con 80.667 centímetros.

En el ambiente A1 según la prueba DMS al 5 por ciento de significación estadística, del total de híbridos evaluados, los más recomendados de acuerdo a su mayor altura de mazorca promedio son: H₂₉ y H₃ con alturas de 118.167 y 110.100 centímetros, respectivamente. Los menos recomendados son H₂₆, H₁, H₁₆ y H₈ con alturas de 78.933, 75.567, 70.700 y 68.000 centímetros, respectivamente. Asimismo, en el ambiente A2 del total de híbridos evaluados, el híbrido más recomendado de acuerdo a su mayor altura de mazorca promedio es H₃ con altura de 130.033 centímetros. Los menos recomendados son: H₁₈, H₂, H₁ y H₂₁ con alturas de 79.300, 79.167, 74.700 y 72.033 centímetros, respectivamente.

En el ambiente A3 del total de híbridos evaluados, el más recomendado de acuerdo a su mayor altura de mazorca promedio es H₂₉ con una altura de 149.833 centímetros. Los menos recomendados son: H₁₆, H₅, H₈, H₂, H₂₆, H₁ y H₁₅ con alturas de 97.500, 95.167, 95.167, 94.667, 94.000, 91.167 y 90.667 centímetros, respectivamente. En el ambiente A4 del total de híbridos evaluados, el híbrido más recomendado de acuerdo a su mayor altura de mazorca promedio es H₂₉ con una altura de 162.233 centímetros. Los menos recomendados son: H₅, H₂₀, H₁, H₂₆, H₈, H₂ y H₁₆ con alturas de 101.167, 101.000, 98.667, 98.167, 97.333, 91.167 y 90.167 centímetros, respectivamente. Finalmente, en el ambiente A5 del total de híbridos evaluados, el híbrido más recomendado de acuerdo a su mayor altura de mazorca promedio

es H₂₉ con una altura de 170.000 centímetros. Los menos recomendados son: H₅, H₈, H₁₆ y H₁ con alturas de 90.667, 89.333, 84.000 y 80.667 centímetros, respectivamente.

4.1.4. Índice de inserción de mazorca (Imz)

Tabla 19. Cuadrados Medios (CM) del análisis de varianza para índice de inserción de mazorca en los ambientes de prueba

Fuentes de variación	g.l	A1	A2	A3	A4	A5
Repeticiones	2	0.00082	0.00009	0.00033	0.00169	0.00030
Genotipos (Sin ajustar)	29	0.00184**	0.00493**	0.00260**	0.00387**	0.00345**
BI (ajustados)	15	0.00175*	0.00029 ns	0.00103*	0.00118*	0.00065 ns
Error intra-bloque	43	0.00081	0.00039	0.00044	0.00061	0.00051
Total	89	0.00131	0.00185	0.00124	0.00180	0.00149
CV (%)	-	5.82	4.09	3.95	4.52	4.24
Promedio	-	0.49	0.48	0.53	0.55	0.53

*=significativo al nivel de 5 por ciento ($P \leq 0.05$); **=altamente significativo al nivel de 1 por ciento ($P \leq 0.01$); ns=no significativo; BI=Bloques incompletos; CM=cuadrados medios; g.l=grados de libertad; CV (%)=Coeficiente de variación.

En la Tabla 19, se muestran los resultados para índice de inserción de mazorca e indica que los genotipos presentan significancia estadística significativa ($P \leq 0.01$) para todos los ambientes, es decir el comportamiento de esta variable es distinta en cada ambiente de prueba. El promedio de los genotipos en índice de inserción de mazorca resultó entre 0.48 y 0.55 en los ambientes A2 y A4, respectivamente. El coeficiente de variación (CV) osciló entre 3.95 y 5.82 por ciento en los ambientes A3 y A1, menor y mayor, respectivamente.

En la Tabla 20, se muestran los promedios de índice de inserción de mazorca de los 30 híbridos evaluados en cada ambiente. Con la prueba de Diferencia Mínima Significativa DMS al 5 por ciento de significación ($P \leq 0.05$), indica que los híbridos H₁₇ y H₂₉ con índice de inserción de mazorca promedio de 0.543, respectivamente, son los de mayor índice, y el menor índice promedio corresponde a H₄ con 0.447 para el ambiente A1. Los híbridos H₂₄ y H₂₉ con índice de 0.550 y 0.540 metros, respectivamente, son los mayores y el que tiene menor índice de inserción es el híbrido H₂ con 0.41 para el ambiente A2. Los híbridos H₂₉ y H₁₇ con índices de inserción de mazorca de 0.607 y 0.597, respectivamente, son los mayores en cuanto a índice de inserción en ambiente A3 y el que obtuvo menor promedio es el H₁₅ con 0.487. En el ambiente A4 los híbridos con mayor promedio en altura de mazorca son H₃₀ y H₁₂ con 0.627 y 0.613 metros, respectivamente, y el híbrido con menor altura es H₂₇ con 0.483 metros. En el ambiente A5 los híbridos con mayor altura de mazorca son H₂₉ y

H₃₀ con 0.607 y 0.593 metros, respectivamente, y el híbrido con menor altura es H₂₃ con 0.466 metros.

Tabla 20. Comparación de medias según prueba DMS con un nivel de significación del 5 por ciento para índice inserción de mazorca (Imz) de los híbridos (Hn) evaluados en los ambientes

A1		A2		A3		A4		A5	
H	Imz	H	Imz	H	Imz	H	Imz	H	Imz
H17	0.543	H24	0.550	H29	0.607	H30	0.627	H29	0.607
H29	0.543	H29	0.540	H17	0.597	H12	0.613	H30	0.593
H12	0.520	H16	0.533	H30	0.580	H29	0.607	H9	0.577
H1	0.513	H25	0.533	H24	0.573	H9	0.593	H17	0.577
H3	0.513	H20	0.530	H6	0.567	H19	0.590	H18	0.577
H21	0.513	H17	0.527	H12	0.563	H7	0.587	H13	0.573
H2	0.510	H5	0.517	H9	0.553	H18	0.583	H6	0.567
H6	0.507	H3	0.510	H10	0.547	H24	0.583	H7	0.560
H13	0.507	H30	0.507	H4	0.543	H6	0.563	H11	0.553
H24	0.503	H10	0.497	H13	0.540	H13	0.560	H12	0.553
H26	0.500	H27	0.497	H18	0.540	H17	0.550	H24	0.543
H28	0.500	H9	0.493	H28	0.540	H14	0.547	H26	0.543
H22	0.497	H7	0.490	H7	0.533	H22	0.547	H28	0.543
H16	0.490	H14	0.490	H25	0.533	H28	0.547	H21	0.540
H18	0.490	H22	0.490	H2	0.530	H10	0.540	H4	0.527
H9	0.487	H28	0.490	H3	0.523	H21	0.537	H14	0.527
H15	0.487	H26	0.487	H11	0.523	H15	0.533	H2	0.523
H11	0.483	H19	0.483	H14	0.523	H23	0.533	H3	0.520
H30	0.483	H11	0.470	H19	0.520	H25	0.533	H10	0.517
H10	0.477	H15	0.470	H21	0.520	H26	0.533	H16	0.517
H14	0.477	H6	0.453	H27	0.520	H3	0.527	H19	0.517
H8	0.470	H12	0.450	H8	0.517	H16	0.527	H22	0.513
H20	0.470	H8	0.447	H22	0.513	H4	0.523	H15	0.510
H7	0.467	H23	0.443	H16	0.510	H8	0.520	H25	0.510
H25	0.467	H18	0.437	H1	0.503	H20	0.520	H5	0.507
H27	0.467	H13	0.427	H5	0.503	H5	0.513	H1	0.493
H19	0.463	H21	0.423	H26	0.503	H11	0.513	H8	0.493
H5	0.457	H4	0.420	H20	0.500	H1	0.503	H20	0.493
H23	0.450	H1	0.417	H23	0.500	H2	0.497	H27	0.493
H4	0.447	H2	0.410	H15	0.487	H27	0.483	H23	0.467
\bar{x} Amb	0.490b		0.481b		0.534a		0.548a		0.534a

A1=Ambiente La Molina-2016; A2=Ambiente Oxapampa-2016; A3=Ambiente La Molina-2017; A4=Ambiente La Molina-2018; A5=Ambiente La Molina-2019; DMS= Diferencia Mínima Significativa (A1=0.047; A2=0.032; A3=0.035; A4=0.041; A5=0.037); \bar{x} Amb= Promedio de ambientes.

Continuando con la tabla anterior, en el ambiente A1 según la prueba DMS al 5 por ciento de significación estadística, del total de híbridos evaluados, los más recomendados de acuerdo a su mayor índice de inserción de mazorca promedio son: H₁₇, H₂₉, H₁₂, H₁, H₃, H₂₁,

H₂, H₆, H₁₃, H₂₄, H₂₆, H₂₈ y H₂₂ con promedios entre 0.497 y 0.543. Los menos recomendados son: H₁₆, H₁₈, H₉, H₁₅, H₁₁, H₃₀, H₁₀, H₁₄, H₈, H₂₀, H₇, H₂₅, H₂₇, H₁₉, H₅, H₂₃ y H₄ con índice promedio entre 0.447 y 0.490. Asimismo, en el ambiente A2 del total de híbridos evaluados, los más recomendados de acuerdo a su mayor índice de inserción de mazorca promedio son: H₂₄, H₂₉, H₁₆, H₂₅, H₂₀ y H₁₇ con promedios entre 0.527 y 0.550. Los menos recomendados son: H₁₈, H₁₃, H₂₁, H₄, H₁ y H₂ con índice promedio entre 0.410 y 0.437. En el ambiente A3 del total de híbridos evaluados, los más recomendados de acuerdo a su mayor índice de inserción de mazorca promedio son: H₂₉, H₁₇, H₃₀, H₂₄ con promedios entre 0.573 y 0.607. Los menos recomendados son: H₁₉, H₂₁, H₂₇, H₈, H₂₂, H₁₆, H₁, H₅, H₂₆, H₂₀, H₂₃, H₁₅ con promedios entre 0.487 y 0.520.

En el ambiente A4 del total de híbridos evaluados, los más recomendados de acuerdo a su mayor índice de inserción de mazorca promedio son: H₃₀, H₁₂, H₂₉, H₉, H₁₉ y H₇ con promedios entre 0.587 y 0.627. Los menos recomendados son: H₄, H₈, H₂₀, H₅, H₁₁, H₁, H₂, H₂₇ con promedios de índice de inserción entre 0.483 y 0.523. En el ambiente A5 los más recomendados de acuerdo a su mayor índice de inserción de mazorca promedio son: H₂₉, H₃₀, H₉, H₁₇, H₁₈ y H₁₃ con promedios entre 0.573 y 0.607. Los menos recomendados son: H₁, H₈, H₂₀, H₂₇ y H₂₃ con promedios entre 0.467 y 0.493.

4.1.5. Días a floración masculina (Fmas)

Tabla 21. Cuadrados Medios (CM) del análisis de varianza para días a floración masculina en los ambientes de prueba

Fuentes de variación	g.l	A1	A2	A3	A4	A5
Repeticiones	2	1.633	7.233**	9.211**	16.411**	1.200
Genotipos (Sin ajustar)	29	9.925**	18.422**	11.893**	9.781**	9.672**
BI (ajustados)	15	5.388**	3.500**	2.860**	2.742**	4.435**
Error intra-bloque	43	1.223	1.202	1.132	0.792	1.467
Total	89	4.770	7.336	5.111	4.401	4.635
CV (%)	-	1.30	1.21	1.07	0.96	1.45
Promedio	-	84.83	90.37	99.89	92.68	83.50

*=significativo al nivel de 5 por ciento ($P \leq 0.05$); **= altamente significativo al nivel de 1 por ciento ($P \leq 0.01$); ns =no significativo; BI =Bloques incompletos; CM = cuadrados medios; g.l =grados de libertad; CV (%) = coeficiente de variación.

En la Tabla 21, se muestran los resultados para días a floración masculina e indica que los genotipos presentan significancia estadística significativa ($P \leq 0.01$) para todos los ambientes, es decir el comportamiento de esta variable es distinta en cada ambiente de prueba. El promedio de los genotipos para floración masculina resultó entre 83 y 99 días en los

ambientes A5 y A3, respectivamente. El coeficiente de variación (CV) osciló entre 0.96 y 1.45 por ciento en los ambientes A4 y A5, respectivamente.

Tabla 22. Comparación de medias según prueba DMS con un nivel de significación del 5 por ciento para días a floración masculina (Fmas) de los híbridos (Hn) evaluados en los ambientes

A1		A2		A3		A4		A5	
Hn	Fmas	Hn	Fmas	Hn	Fmas	Hn	Fmas	Hn	Fmas
H29	88	H30	98	H29	104	H29	96	H30	87
H21	87	H5	96	H16	102	H16	96	H11	87
H22	87	H29	94	H30	102	H30	95	H29	86
H12	87	H1	93	H6	102	H11	95	H14	86
H26	87	H2	92	H20	102	H21	95	H16	86
H30	87	H21	92	H22	102	H5	94	H20	86
H11	86	H12	92	H3	102	H9	94	H5	85
H20	86	H27	91	H21	102	H23	94	H9	85
H16	86	H3	91	H11	101	H6	94	H12	85
H6	86	H9	91	H27	101	H14	94	H21	84
H9	86	H16	91	H2	101	H20	94	H6	84
H5	85	H23	91	H5	101	H19	93	H8	84
H14	85	H17	90	H14	101	H10	93	H17	84
H17	85	H18	90	H26	101	H17	93	H26	84
H23	85	H22	90	H17	100	H2	93	H3	83
H3	85	H6	90	H9	100	H3	93	H10	83
H27	85	H11	90	H28	100	H26	92	H1	83
H2	85	H13	90	H7	99	H27	92	H23	83
H8	84	H4	90	H12	99	H1	92	H2	82
H13	84	H7	90	H18	99	H7	92	H27	82
H24	84	H20	90	H1	99	H22	92	H4	82
H1	84	H26	90	H23	99	H24	91	H7	82
H10	83	H14	89	H8	98	H8	91	H19	82
H7	83	H8	89	H13	98	H12	91	H22	82
H18	83	H19	89	H19	98	H4	90	H28	82
H19	83	H28	88	H24	98	H13	90	H13	82
H15	82	H24	87	H10	97	H25	90	H18	82
H25	82	H25	87	H4	97	H15	90	H24	82
H4	82	H10	86	H25	97	H18	90	H15	81
H28	82	H15	86	H15	96	H28	90	H25	81
\bar{X} Amb	84.83d		90.37c		99.89a		92.68b		83.50e

A1=Ambiente La Molina-2016; A2=Ambiente Oxapampa-2016; A3=Ambiente La Molina-2017; A4=Ambiente La Molina-2018; A5=Ambiente La Molina-2019; DMS=Diferencia Mínima Significativa (A1=1.821; A2=1.806; A3=1.752; A4=1.465; A5=1.994); \bar{X} Amb=Promedio de ambientes.

En la Tabla 22, se muestran los promedios de días a floración masculina de los 30 híbridos evaluados en cada ambiente. Con la prueba de Diferencia Mínima Significativa DMS al 5 por ciento de significación ($P \leq 0.05$), indica que los híbridos H29, H21, H22, H12, H26 y H30 con promedios entre 87 y 88 días, son los de mayor número de días a floración en el ambiente

A1, y los híbridos con menor días promedio corresponde a H₁₀, H₇, H₁₈, H₁₉, H₁₅, H₂₅, H₄ y H₂₈ con promedio entre 82 y 83 días. Los híbridos H₃₀ y H₅ con promedio de 98 y 96 días, respectivamente, son los de mayor número de días a floración masculina para el ambiente A2 y el que tiene menor número de días promedio son los híbridos H₂₄, H₂₅, H₁₀ y H₁₅ con promedios entre 86 y 87 días. El híbrido H₂₉ con promedio de 104 días, es el que obtuvo un mayor número de días a floración masculina en el ambiente A3 y los que obtuvieron menor promedio de días son: H₁₉, H₂₄, H₁₀, H₄, H₂₅ y H₁₅ con promedios entre 96 y 98 días.

En el ambiente A4 los híbridos con mayor número de días a floración masculina son: H₂₉, H₁₆, H₃₀, H₁₁ y H₂₁ con promedios de 96, 96, 95, 95 y 95 días, respectivamente, y los híbridos con menor promedio en días son: H₂₄, H₈, H₁₂, H₄, H₁₃, H₂₅, H₁₅, H₁₈ y H₂₈ con promedios entre 90 y 91 días. En el ambiente A5 los híbridos con mayor número de días a floración masculina son: H₃₀, H₁₁, H₂₉, H₁₄, H₁₆ y H₂₀ con promedios de 87, 87, 86, 86, 86 y 86 días, respectivamente, y los híbridos que tienen un menor promedio H₂, H₂₇, H₄, H₇, H₁₉, H₂₂, H₂₈, H₁₃, H₁₈, H₂₄, H₁₅ y H₂₅ con promedios entre 81 y 82 días.

4.1.6. Días a floración femenina (Ffem)

Tabla 23. Cuadrados Medios (CM) del análisis de varianza para días a floración femenina en los ambientes de prueba

Fuentes de variación	g.l	A1	A2	A3	A4	A5
Repeticiones	2	1.433	0.300	8.344**	14.144**	0.544
Genotipos (Sin ajustar)	29	12.285**	22.937**	15.326**	15.804**	12.177**
BI (ajustados)	15	7.083**	4.265*	2.181ns	2.689*	6.035**
Error intra-bloque	43	1.261	2.018	1.378	1.381	1.218
Total	89	5.838	9.174	6.215	6.588	5.586
CV (%)	-	1.29	1.51	1.15	1.25	1.29
Promedio	-	86.73	93.83	101.86	94.34	85.26

*=significativo al nivel de 5 por ciento ($P \leq 0.05$); **=altamente significativo al nivel de 1 por ciento ($P \leq 0.01$); ns=no significativo; BI=Bloques incompletos; CM=cuadrados medios; g.l=grados de libertad; CV (%) = Coeficiente de variación.

En la Tabla 23, se muestran los resultados para días a floración femenina e indica que los genotipos presentan significancia estadística significativa ($P \leq 0.01$) para todos los ambientes, es decir el comportamiento de esta variable es distinta en cada ambiente de prueba. El promedio de los genotipos para floración masculina resultó entre 85 y 101 días en los

ambientes A5 y A3, respectivamente. El coeficiente de variación (CV) osciló entre 1.15 y 1.51 por ciento en los ambientes A3 y A2, respectivamente.

Tabla 24. Comparación de medias según prueba DMS con un nivel de significación del 5 por ciento para días a floración femenina (Ffem) de los híbridos (Hn) evaluados en los ambientes

A1		A2		A3		A4		A5	
Hn	Ffem	Hn	Ffem	Hn	Ffem	Hn	Ffem	Hn	Ffem
H29	90	H30	101	H30	108	H29	99	H30	89
H12	89	H5	100	H29	107	H16	98	H29	89
H26	89	H29	98	H5	104	H30	98	H11	88
H21	89	H21	97	H20	104	H5	97	H20	88
H22	89	H6	96	H2	103	H6	97	H14	87
H30	89	H1	95	H3	103	H11	97	H5	87
H6	89	H16	95	H9	103	H21	96	H16	87
H20	89	H26	95	H16	103	H3	96	H6	87
H16	88	H3	95	H6	103	H9	96	H21	87
H5	88	H4	95	H21	103	H19	96	H1	86
H9	88	H2	95	H22	103	H20	96	H9	86
H11	88	H23	94	H11	103	H14	95	H12	86
H17	87	H11	94	H14	102	H23	95	H8	86
H14	87	H12	94	H17	102	H26	95	H26	86
H23	87	H19	94	H26	102	H2	95	H3	86
H2	87	H20	94	H27	102	H7	95	H10	86
H3	87	H22	94	H23	101	H17	94	H17	85
H27	87	H27	94	H1	101	H10	94	H2	84
H7	86	H9	93	H12	101	H27	93	H23	84
H8	86	H17	93	H7	101	H22	93	H7	84
H24	86	H7	93	H8	101	H1	93	H4	84
H1	85	H14	92	H28	101	H8	92	H19	84
H13	85	H24	91	H18	100	H24	92	H18	83
H19	85	H8	91	H13	100	H12	92	H22	83
H10	85	H18	91	H19	100	H4	91	H27	83
H4	84	H25	91	H24	100	H13	91	H15	83
H18	84	H13	91	H4	99	H15	91	H13	83
H25	84	H28	91	H10	99	H25	91	H24	83
H15	84	H10	90	H15	99	H18	91	H25	82
H28	83	H15	90	H25	98	H28	91	H28	82
\bar{X} Amb	86.73c		93.83b		101.86a		94.34b		85.26d

A1=Ambiente La Molina-2016; A2=Ambiente Oxapampa-2016; A3=Ambiente La Molina-2017; A4=Ambiente La Molina-2018; A5=Ambiente La Molina-2019; DMS= Diferencia Mínima Significativa (A1=1.849; A2=2.339; A3=1.933; A4=1.935; A5=1.817); \bar{X} Amb= Promedio de ambientes.

En la Tabla 24, se muestran los promedios de días a floración femenina de los 30 híbridos evaluados en cada ambiente. Con la prueba de Diferencia Mínima Significativa DMS al 5

por ciento de significación ($P \leq 0.05$), indica que los híbridos H₂₉, H₁₂, H₂₆, H₂₁, H₂₂, H₃₀, H₆ y H₂₀ con promedios entre 89 y 90 días, son los de mayor número de días a floración en el ambiente A1, y los híbridos con menor días promedio corresponde a H₄, H₁₈, H₂₅, H₁₅ y H₂₈ con promedio entre 83 y 84 días. Los híbridos H₃₀ y H₅ con promedio de 101 y 100 días, respectivamente, son los de mayor número de días a floración femenina para el ambiente A2 y los que tienen menor número de días promedio son los híbridos H₁₄, H₂₄, H₈, H₁₈, H₂₅, H₁₃, H₂₈, H₁₀ y H₁₅ con promedios entre 90 y 92 días.

Los híbridos H₂₉ y H₃₀ con promedios de 107 y 108 días, respectivamente, son los que obtuvieron un mayor número de días a floración femenina en el ambiente A3 y los híbridos con menor promedio de días son: H₁₃, H₁₉, H₂₄, H₄, H₁₀, H₁₅ y H₂₅ con promedios entre 98 y 100 días. En el ambiente A4 los híbridos con mayor número de días a floración femenina son H₂₉, H₁₆ y H₃₀ con promedios de 99, 98 y 98 días, respectivamente, y los híbridos con menor promedio en días son H₁, H₈, H₂₄, H₁₂, H₄, H₁₃, H₁₅, H₂₅, H₁₈ y H₂₈ con promedios entre 91 y 93 días. En el ambiente A5 los híbridos con mayor número de días a floración femenina son H₃₀, H₂₉, H₁₁, H₂₀ y H₁₄ con promedios de 89, 89, 88, 88 y 87 días, respectivamente, y los híbridos que tienen un menor promedio son H₁₈, H₂₂, H₂₇, H₁₅, H₁₃, H₂₄, H₂₅, H₂₈ con promedios entre 82 y 83 días.

4.2. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD: MODELO PROPUESTO POR EBERHART Y RUSSELL (1966)

4.2.1. Rendimiento de grano (Rdto)

Tabla 25. Análisis de varianza para la estabilidad de híbridos de maíz amarillo duro para la variable rendimiento de grano en toneladas por hectárea (t-ha⁻¹)

FV	g.l	SC	CM	F _{cal}
Total	149	2427.312	16.291	-
Variedades	29	420.933	14.515	5.002**
Ambientes/Variedades	120	2006.379	16.720	-
Ambientes (lineal)	1	1528.704	1528.704	-
V x A (lineal)	29	216.488	7.465	2.572**
Desviación conjunta	90	261.186	2.902	-
H ₁	3	0.955	0.318	0.26231
H ₂	3	20.357	6.786	5.58907**
H ₃	3	4.028	1.343	1.10581
H ₄	3	0.441	0.147	0.12115
H ₅	3	3.068	1.023	0.84236
H ₆	3	3.306	1.102	0.90762
H ₇	3	6.510	2.170	1.78720
H ₈	3	14.651	4.884	4.02225*
H ₉	3	1.192	0.397	0.32729
H ₁₀	3	11.801	3.934	3.24000*
H ₁₁	3	4.984	1.661	1.36841
H ₁₂	3	11.366	3.789	3.12039
H ₁₃	3	5.107	1.702	1.40212
H ₁₄	3	34.057	11.352	9.35029**
H ₁₅	3	30.256	10.085	8.30673**
H ₁₆	3	11.824	3.941	3.24611*
H ₁₇	3	1.962	0.654	0.53863
H ₁₈	3	10.616	3.539	2.91449*
H ₁₉	3	0.661	0.220	0.18159
H ₂₀	3	3.020	1.007	0.82904
H ₂₁	3	3.320	1.107	0.91137
H ₂₂	3	1.262	0.421	0.34656
H ₂₃	3	4.038	1.346	1.10864
H ₂₄	3	11.335	3.778	3.11195*
H ₂₅	3	24.216	8.072	6.64845**
H ₂₆	3	2.364	0.788	0.64897
H ₂₇	3	11.209	3.736	3.07749*
H ₂₈	3	10.417	3.472	2.85990*
H ₂₉	3	2.500	0.833	0.68626
H ₃₀	3	10.363	3.454	2.84523*
Error conjunto	290	352.096	1.214	-

* = significativo al nivel de 5 por ciento (P<0.05); ** = altamente significativo al nivel de 1 por ciento (P<0.01); FV = Fuente de variación; g.l = Grados de libertad; SC=Suma de cuadrados; CM=Cuadrados medios; F_{cal}=F calculado.

El análisis de varianza mostrado en la Tabla 25, muestra la descomposición de la variabilidad de los datos para estabilidad de rendimiento de grano en sus distintas fuentes de variación. Las variedades mostraron alta significación estadística ($P \leq 0.01$) para el comportamiento de rendimiento en los diferentes ambientes. Reafirmando lo anterior, los promedios de rendimiento de grano de los híbridos resultaron entre 6.003 y 10.039 t-ha⁻¹, de los híbridos H₁ (2x1) y H₂₄ (37x35), con menor y mayor rendimiento respectivamente, con un diferencial promedio de 4.036 toneladas por hectárea. Estos resultados permiten conocer los genotipos mejores y mediocres en los ambientes de prueba. Sin embargo, para hacer la selección de genotipos se consideran los parámetros de estabilidad (Coeficiente de regresión y desviaciones de la regresión) para esta variable, mostrados en la Tabla 26.

La interacción variedad x ambiente (V x A lineal) resultó altamente significativa ($P \leq 0.01$), esto indica que se puede hacer selección al identificar los mejores híbridos, es decir aquellos que muestran mayor estabilidad en los ambientes y que sean capaces de expresar su potencial genético en el fenotipo para esta variable, estos resultados concuerdan con Patil *et al.* (2020) que reporta la existencia de interacción genotipo x ambiente en rendimiento de grano. Los híbridos significativos en el análisis de varianza son inconsistentes en los ambientes de prueba, es decir su comportamiento en cuanto a rendimiento de grano es diferente en cada experimento o ambiente. Los genotipos altamente significativos ($P \leq 0.01$) son: H₂ (3x1), H₈ (12x11), H₁₄ (21x20), H₁₅ (22x20) y H₂₅ (38x35), y los genotipos significativos ($P \leq 0.05$), son: H₁₀ (14x11), H₁₂ (16x11), H₁₆ (23x20), H₁₈ (25x20), H₂₄ (37x35), H₂₇ (43x41), H₂₈ (47x46) y H₃₀ (EXP-05).

La Tabla 26, muestra que los híbridos H₁ (2x1), H₅ (6x1), H₆ (7x1), H₇ (8x1), H₉ (13x11), H₁₁ (15x11), H₁₃ (17x11), H₁₇ (24x20), H₂₀ (30x28), H₂₁ (31x28), H₂₃ (36x35), H₂₆ (42x41) y H₂₉ (PM-213) tienen coeficientes de regresión igual a la unidad ($b_i=1$) y desviaciones de la regresión iguales a cero ($S^2d_i=0$), según prueba de t ($-t_{\alpha/2(3gl)} \leq t \leq t_{\alpha/2(3gl)}$) con un 95 y 99 por ciento de probabilidad y prueba de F (al 5 y 1 por ciento de significación), respectivamente, lo que indica que son genotipos estables y consistentes. De estos genotipos estables y consistentes se considera que los híbridos H₁ (2x1), H₆ (7x1) y H₂₁ (31x28) con coeficientes de regresión (b_i) igual a 1.169, 1.086 y 1.044, respectivamente, y con desviación de la regresión (S^2d_i) igual a -0.299, -0.037 y -0.036, respectivamente, son los más estables y consistentes que los demás híbridos.

Los híbridos H₂, H₈, H₁₀, H₁₂, H₁₄, H₁₅, H₁₆, H₁₈, H₂₄, H₂₅, H₂₇, H₂₈ y H₃₀ tienen coeficientes de regresión igual a la unidad ($b_i=1$) y con desviaciones de la regresión diferente de cero ($S^2d_i \neq 0$), por tanto, son considerados como genotipos que tienen buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistentes. Los híbridos H₄ y H₁₉ tienen coeficientes de regresión diferentes de la unidad ($b_i < 1$) y con desviaciones de la regresión igual de cero ($S^2d_i = 0$), por tanto, se consideran genotipos con mejor respuesta en ambientes desfavorables y consistentes. Finalmente, los híbridos H₃ y H₂₂ tienen coeficientes de regresión diferente de la unidad ($b_i > 1$) y con desviaciones de la regresión igual de cero ($S^2d_i = 0$), por tanto, se consideran como genotipos con mejor respuesta en ambientes favorables y consistentes.

Tabla 26. Parámetros de estabilidad para rendimiento de grano (Rdto)

Nº	Genealogía	b_i	t test ($b_i = 1$)	Media	S^2d_i	$F_{cal} (S^2d_i = 0)$	P-value
H ₁	2x1	1.169	2.134 ns	6.003	-0.299	0.262	0.8525 ns
H ₂	3x1	1.166	0.454 ns	6.426	1.857	5.589	0.0010**
H ₃	4x1	1.664	4.093*	8.275	0.043	1.106	0.3471 ns
H ₄	5x1	0.638	-6.745**	7.296	-0.356	0.121	0.9476 ns
H ₅	6x1	1.211	1.492 ns	6.594	-0.064	0.842	0.4716 ns
H ₆	7x1	1.086	0.586 ns	7.216	-0.037	0.908	0.4377 ns
H ₇	8x1	1.384	1.861 ns	6.785	0.319	1.787	0.1497 ns
H ₈	12x11	0.798	-0.654 ns	6.439	1.223	4.022	0.0079**
H ₉	13x11	1.175	1.982 ns	8.495	-0.272	0.327	0.8056 ns
H ₁₀	14x11	0.942	-0.210 ns	8.372	0.907	3.240	0.0225*
H ₁₁	15x11	1.403	2.234 ns	7.736	0.149	1.368	0.2526 ns
H ₁₂	16x11	0.799	-0.736 ns	7.479	0.858	3.120	0.0264*
H ₁₃	17x11	1.559	3.058 ns	8.543	0.163	1.402	0.2423 ns
H ₁₄	21x20	1.353	0.748 ns	7.757	3.379	9.350	0.0000**
H ₁₅	22x20	0.658	-0.770 ns	8.609	2.957	8.307	0.0000**
H ₁₆	23x20	1.043	0.154 ns	6.633	0.909	3.246	0.0223
H ₁₇	24x20	0.805	-1.718 ns	7.343	-0.187	0.539	0.6562*
H ₁₈	25x20	0.632	-1.398 ns	7.315	-0.069	2.914	0.0347*
H ₁₉	29x28	0.291	-10.778**	8.490	-0.331	0.182	0.9089 ns
H ₂₀	30x28	0.889	-0.790 ns	7.812	-0.069	0.829	0.4788 ns
H ₂₁	31x28	1.044	0.297 ns	8.226	-0.036	0.911	0.4358 ns
H ₂₂	32x28	1.324	3.569*	8.977	-0.264	0.347	0.7917 ns
H ₂₃	36x35	0.790	-1.295 ns	9.242	0.044	1.109	0.3459 ns
H ₂₄	37x35	0.453	-2.011 ns	10.039	0.855	3.112	0.0267*
H ₂₅	38x35	0.057	-2.369 ns	9.388	2.286	6.648	0.0002**
H ₂₆	42x41	1.325	2.610 ns	7.524	-0.142	0.649	0.5842 ns
H ₂₇	43x41	1.553	2.041 ns	7.582	0.841	3.077	0.0279*
H ₂₈	47x46	1.224	0.857 ns	8.710	0.753	2.860	0.0372*
H ₂₉	PM-213	0.821	-1.398 ns	8.237	-0.127	0.686	0.5611 ns
H ₃₀	EXP-05	0.746	-0.976 ns	6.772	0.747	2.845	0.0380*

*=significativo al nivel de 5 por ciento ($P \leq 0.05$); **=altamente significativo al nivel de 1 por ciento ($P \leq 0.01$); ns= no significativo; b_i =Coeficiente de regresión; t test ($b_i=1$) =Prueba de t Student; S^2d_i =Desviación de la regresión; F_{cal} =F calculado.

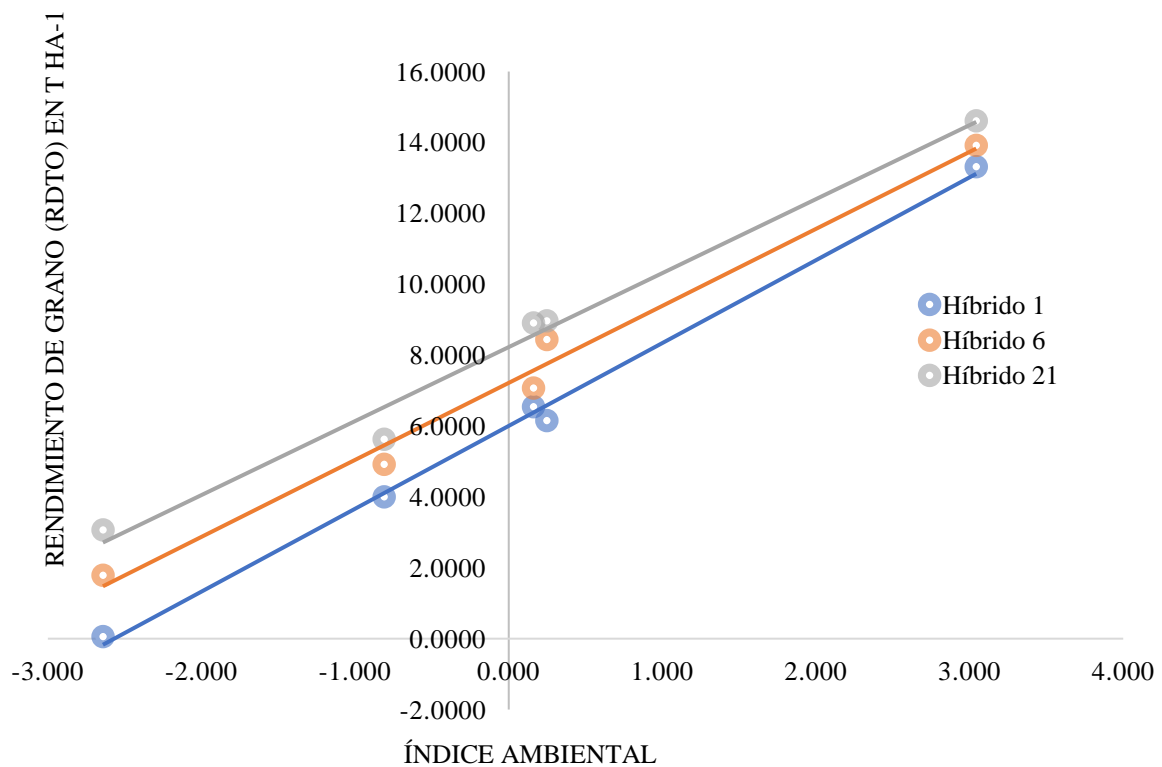


Figura 4. Gráfico de los híbridos más estables y consistentes para rendimiento de grano (Rdto) en toneladas por hectárea (t-ha⁻¹) en los ambientes de prueba

En la figura anterior se muestra el comportamiento estable de los híbridos H₁(2x1), H₆(7x1) y H₂₁(31x28) para rendimiento de grano en los ambientes. Los ambientes A1, A2, A3, A4 y A5 resultaron con un índice ambiental igual -0.812, 3.043, 0.250, 0.160 y -2.642, respectivamente. Estos genotipos estables tienen promedios en cuanto a rendimiento de grano de 6.003, 7.216 y 8.226 toneladas por hectáreas, respectivamente, en los distintos ambientes. Del mismo modo que Vargas-Escobar *et al.* (2016); Vázquez-Carrillo *et al.* (2020) y Amzeri *et al.* (2020) reportaron genotipos de maíz estables para rendimiento según esta metodología. El híbrido H₂₁(31x28) tiene el mayor rendimiento por tanto es el híbrido que más se recomienda para seleccionar y que sea utilizado por los agricultores. El segundo híbrido recomendado es el H₆(7x1) y por último el híbrido H₁(2x1).

4.2.2. Altura de planta (Altp)

Tabla 27. Análisis de varianza para la estabilidad de híbridos de maíz amarillo duro en la variable altura de planta en centímetros (cm)

FV	g.l	SC	CM	F _{cal}
Total	149	236169.75	1585.03	-
Variedades	29	150123.54	5176.67	14.05**
Ambientes/Variedades	120	86046.21	717.05	-
Ambientes (lineal)	1	44951.23	44951.23	-
V x A (lineal)	29	7926.03	273.31	0.74
Desviación conjunta	90	33168.96	368.54	-
H ₁	3	1589.77	529.92	2.52
H ₂	3	707.96	235.99	1.12
H ₃	3	2377.35	792.45	3.77*
H ₄	3	61.97	20.66	0.10
H ₅	3	781.58	260.53	1.24
H ₆	3	1054.33	351.44	1.67
H ₇	3	1057.67	352.56	1.68
H ₈	3	1488.96	496.32	2.36
H ₉	3	1669.08	556.36	2.64*
H ₁₀	3	1437.93	479.31	2.28
H ₁₁	3	1408.43	469.48	2.23
H ₁₂	3	1198.38	399.46	1.90
H ₁₃	3	49.45	16.48	0.08
H ₁₄	3	396.98	132.33	0.63
H ₁₅	3	618.64	206.21	0.98
H ₁₆	3	1010.32	336.77	1.60
H ₁₇	3	35.35	11.78	0.06
H ₁₈	3	444.17	148.06	0.70
H ₁₉	3	520.04	173.35	0.82
H ₂₀	3	2403.67	801.22	3.81*
H ₂₁	3	2078.19	692.73	3.29*
H ₂₂	3	1331.37	443.79	2.11
H ₂₃	3	358.11	119.37	0.57
H ₂₄	3	186.96	62.32	0.30
H ₂₅	3	2304.22	768.07	3.65*
H ₂₆	3	222.91	74.30	0.35
H ₂₇	3	779.38	259.79	1.23
H ₂₈	3	607.56	202.52	0.96
H ₂₉	3	2748.86	916.29	4.36**
H ₃₀	3	2239.38	746.46	3.55*
Error conjunto	290	61006.63	210.37	-

*=significativo al nivel de 5 por ciento ($P \leq 0.05$); **= altamente significativo al nivel del 1 por ciento ($P \leq 0.01$); FV =Fuente de variación; g.l = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados; CM = Cuadrados medios; F_{cal} = F calculado.

El análisis de varianza mostrado en la Tabla 27, muestra la descomposición de la variabilidad de los datos para estabilidad de altura de planta en sus distintas fuentes de variación. Las variedades mostraron alta significación estadística ($P \leq 0.01$) para el comportamiento de altura de planta en los diferentes ambientes. Confirmando lo anterior, los promedios de altura de planta de los híbridos resultaron entre 166.893 y 248.847 centímetros en los híbridos $H_{16}(23 \times 20)$ y H_{29} (PM-213), con menor y mayor altura de planta, respectivamente, con un diferencial de 81.954 centímetros. Estos resultados permiten conocer y seleccionar los genotipos con mayor y menor altura de planta en los ambientes de prueba. Sin embargo, para hacer la selección de genotipos de acuerdo a su altura se consideran los parámetros de estabilidad (Coeficiente de regresión y desviaciones de la regresión) para esta variable, mostrados en la Tabla 28.

La interacción variedad x ambiente (V x A lineal) es no significativa, indicando que para esta variable los genotipos (23 híbridos) tienen un comportamiento similar en los ambientes de prueba, esto puede traducirse como una consistencia en la variable altura de planta en los ambientes. Los híbridos significativos (7 híbridos) en el análisis de varianza son inconsistentes en los ambientes, es decir, su comportamiento en cuanto a altura de planta es diferente en cada experimento o ambiente. El único genotipo altamente significativos ($P \leq 0.01$) es H_{29} (PM-213), y los genotipos significativos ($P \leq 0.05$), son: $H_3(4 \times 1)$, $H_9(13 \times 11)$, $H_{20}(30 \times 28)$, $H_{21}(31 \times 28)$, $H_{25}(38 \times 35)$ y H_{30} (EXP-05).

$H_1(2 \times 1)$, $H_2(3 \times 1)$, $H_4(5 \times 1)$, $H_5(6 \times 1)$, $H_6(7 \times 1)$, $H_7(8 \times 1)$, $H_8(12 \times 11)$, $H_{10}(14 \times 11)$, $H_{11}(15 \times 11)$, $H_{12}(16 \times 11)$, $H_{13}(17 \times 11)$, $H_{14}(21 \times 20)$, $H_{15}(22 \times 20)$, $H_{16}(23 \times 20)$, $H_{17}(24 \times 20)$, $H_{18}(25 \times 20)$, $H_{19}(29 \times 28)$, $H_{22}(32 \times 28)$, $H_{23}(36 \times 35)$, $H_{24}(37 \times 35)$, $H_{26}(42 \times 41)$, $H_{27}(43 \times 41)$ y $H_{28}(47 \times 46)$ tienen coeficientes de regresión igual a la unidad ($b_i = 1$) y desviaciones de la regresión iguales a cero ($S^2 d_i = 0$), según prueba de t ($-t_{\alpha/2(3gl)} \leq t \leq t_{\alpha/2(3gl)}$) con un 95 y 99 por ciento de probabilidad y prueba de F (al 5 y 1 por ciento de significación), respectivamente, lo que indica que son genotipos estables y consistentes. De estos genotipos estables y consistentes se considera que los híbridos $H_{12}(16 \times 11)$, $H_{13}(17 \times 11)$, $H_{17}(24 \times 20)$ y $H_{26}(42 \times 41)$ con coeficientes de regresión (b_i) igual a 0.999, 1.017, 1.008 y 0.917 respectivamente, y con desviación de la regresión ($S^2 d_i$) igual a 63.03, -64.63, -66.20 y -45.36 respectivamente, son los más estables y consistentes que los demás híbridos.

Los híbridos H3, H9, H20, H21, H25, H29 y H30 tienen coeficientes de regresión igual a la unidad ($b_i=1$) y con desviaciones de la regresión diferente de cero ($S^2d_i \neq 0$), por tanto, son considerados como genotipos que tienen buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistentes.

Tabla 28. Parámetros de estabilidad para altura de planta (Altp)

Nº	Genealogía	b_i	t test ($b_i = 1$)	Media	S^2d_i	$F_{cal} (S^2d_i = 0)$	P-value
H ₁	2x1	1.286	0.481 ns	173.267	106.52	2.51904	0.05825 ns
H ₂	3x1	0.132	-2.187 ns	181.187	8.54	1.12178	0.34051 ns
H ₃	4x1	0.692	-0.424 ns	234.520	194.03	3.76698	0.01117*
H ₄	5x1	1.213	1.818 ns	204.707	-63.24	0.09819	0.96098 ns
H ₅	6x1	0.013	-2.366 ns	186.267	16.72	1.23844	0.29597 ns
H ₆	7x1	0.516	-1.000 ns	193.487	47.02	1.67061	0.17345 ns
H ₇	8x1	0.971	-0.059 ns	204.620	47.40	1.67591	0.17229 ns
H ₈	12x11	1.429	0.745 ns	178.220	95.32	2.35930	0.07174 ns
H ₉	13x11	1.174	0.285 ns	207.753	115.33	2.64471	0.04942*
H ₁₀	14x11	1.340	0.602 ns	197.893	89.65	2.27844	0.07969 ns
H ₁₁	15x11	0.973	-0.048 ns	193.120	86.37	2.23170	0.08466 ns
H ₁₂	16x11	0.999	-0.003 ns	205.380	63.03	1.89886	0.12988 ns
H ₁₃	17x11	1.017	0.164 ns	213.373	-64.63	0.07836	0.97168 ns
H ₁₄	21x20	0.586	-1.393 ns	205.020	-26.01	0.62902	0.59679 ns
H ₁₅	22x20	0.283	-1.932 ns	194.760	-1.39	0.98025	0.40239 ns
H ₁₆	23x20	1.317	0.668 ns	166.893	42.13	1.60087	0.18932 ns
H ₁₇	24x20	1.008	0.086 ns	185.293	-66.20	0.05601	0.98254 ns
H ₁₈	25x20	1.249	0.792 ns	195.000	196.95	0.70380	0.55042 ns
H ₁₉	29x28	1.124	0.365 ns	223.193	-12.34	0.82401	0.48150 ns
H ₂₀	30x28	0.641	-0.491 ns	196.807	196.95	3.80868	0.01056*
H ₂₁	31x28	1.018	0.027 ns	194.447	160.79	3.29294	0.02100*
H ₂₂	32x28	1.123	0.226 ns	228.953	77.81	2.10959	0.09913 ns
H ₂₃	36x35	1.101	0.358 ns	203.040	-30.33	0.56744	0.63687 ns
H ₂₄	37x35	1.390	1.915 ns	214.807	-49.35	0.29624	0.82811 ns
H ₂₅	38x35	1.487	0.680 ns	214.467	185.90	3.65110	0.01304*
H ₂₆	42x41	0.917	-0.374 ns	178.333	-45.36	0.35320	0.78686 ns
H ₂₇	43x41	1.780	1.873 ns	213.220	16.47	1.23494	0.29722 ns
H ₂₈	47x46	0.760	-0.652 ns	202.767	-2.62	0.96269	0.41070 ns
H ₂₉	PM-213	1.773	0.988 ns	248.847	235.31	4.35564	0.00508**
H ₃₀	EXP-05	0.687	-0.443 ns	222.960	178.70	3.54837	0.01495*

*=significativo al nivel de 5 por ciento ($P \leq 0.05$); **=altamente significativo al nivel de 1 por ciento ($P \leq 0.01$); ns=no significativo; b_i =Coeficiente de regresión; t test ($b_i = 1$) =Prueba de t Student; S^2d_i = Desviación de la regresión; F_{cal} = F calculado.

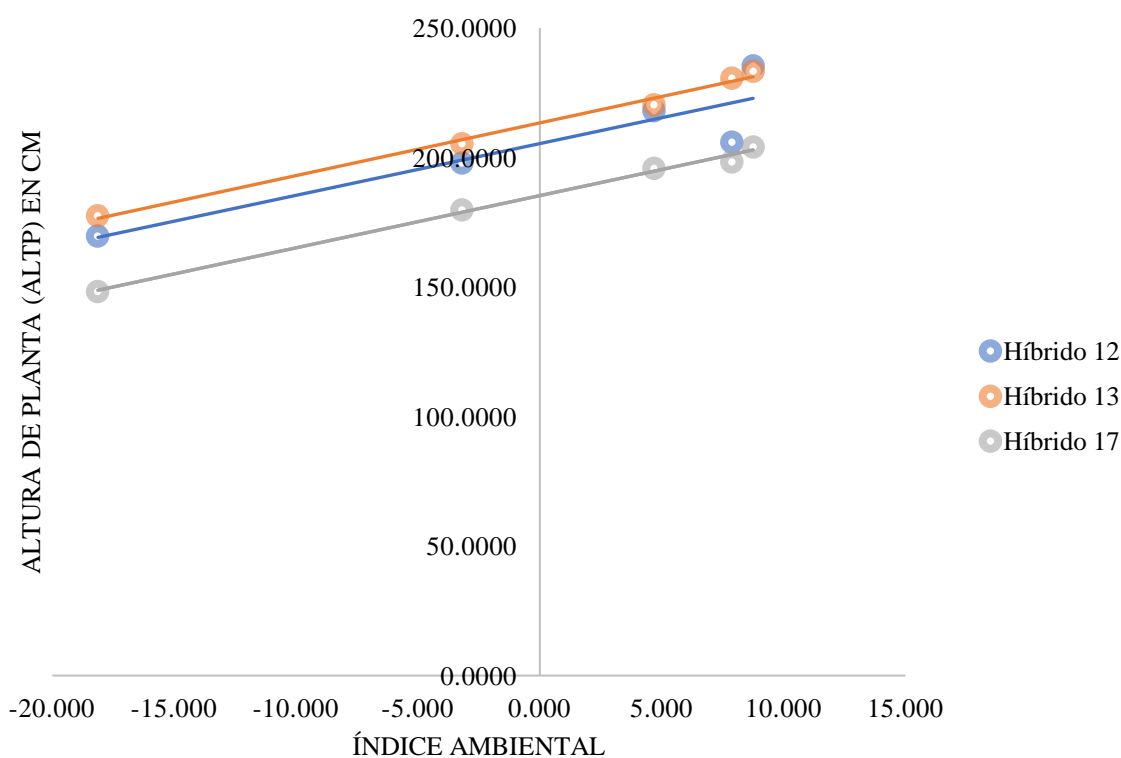


Figura 5. Gráfico de los híbridos más estables y consistentes para altura de planta (Altp) en centímetros (cm) los ambientes de prueba

En la figura anterior se muestra el comportamiento estable de los híbridos $H_{12}(16 \times 11)$, $H_{13}(17 \times 11)$ y $H_{17}(24 \times 20)$ para altura de planta en los ambientes. Los ambientes A1, A2, A3, A4 y A5 resultaron con un índice ambiental igual -18.126, -3.198, 8.749, 7.883 y 4.691 respectivamente. Estos genotipos estables tienen promedios en cuanto a altura de planta de 205.388, 213.373 y 185.293 centímetros, respectivamente, en los distintos ambientes. Del mismo modo que Arunkumar *et al.* (2020) y Gami *et al.* (2017) reportaron genotipos estables para altura de planta según esta metodología. Si se buscara seleccionar en función de una mayor altura de planta el primer híbrido recomendado es $H_{13}(17 \times 11)$, el segundo recomendado es el híbrido $H_{12}(24 \times 20)$ y por último el híbrido $H_{17}(42 \times 41)$.

4.2.3. Altura de mazorca (Amz)

Tabla 29. Análisis de varianza para la estabilidad de híbridos de maíz amarillo duro en la variable altura de mazorca en centímetros (cm)

FV	g.l	SC	CM	F _{cal}
Total	149	139534.794	936.475	-
Variedades	29	73404.562	2531.192	17.5291**
Ambientes/Variedades	120	66130.232	551.085	-
Ambientes (lineal)	1	45786.589	45786.589	-
V x A (lineal)	29	7347.724	253.370	1.7546*
Desviación conjunta	90	12995.920	144.399	-
H ₁	3	358.970	119.657	1.4799 ns
H ₂	3	235.013	78.338	0.9689 ns
H ₃	3	711.172	237.057	2.9320*
H ₄	3	74.950	24.983	0.3090
H ₅	3	128.885	42.962	0.5314
H ₆	3	537.007	179.002	2.2139
H ₇	3	508.197	169.399	2.0952
H ₈	3	302.313	100.771	1.2464
H ₉	3	640.727	213.576	2.6415*
H ₁₀	3	184.176	61.392	0.7593
H ₁₁	3	123.803	41.268	0.5104
H ₁₂	3	529.560	176.520	2.1832
H ₁₃	3	541.504	180.501	2.2325
H ₁₄	3	139.754	46.585	0.5762
H ₁₅	3	530.467	176.822	2.1870
H ₁₆	3	502.252	167.417	2.0707
H ₁₇	3	265.213	88.404	1.0934
H ₁₈	3	428.409	142.803	1.7662
H ₁₉	3	256.707	85.569	1.0583
H ₂₀	3	93.856	31.285	0.3869
H ₂₁	3	1419.045	473.015	5.8503**
H ₂₂	3	325.269	108.423	1.3410
H ₂₃	3	111.957	37.319	0.4616
H ₂₄	3	459.578	153.193	1.8947
H ₂₅	3	44.992	14.997	0.1855
H ₂₆	3	101.169	33.723	0.4171
H ₂₇	3	1313.684	437.895	5.4160 **
H ₂₈	3	164.884	54.961	0.6798
H ₂₉	3	912.132	304.044	3.7605*
H ₃₀	3	1050.274	350.091	4.3300**
Error conjunto	290	23447.206	80.852	-

* =significativo al nivel de 5 por ciento ($P \leq 0.05$); **=altamente significativo al nivel de 1 por ciento ($P \leq 0.01$); FV =Fuente de variación; g.l =Grados de libertad; SC =Suma de cuadrados; CM =Cuadrados medios; F_{cal} =F calculado.

El análisis de varianza mostrado en la Tabla 29, muestra la descomposición de la variabilidad de los datos para estabilidad de altura de mazorca en sus distintas fuentes de variación. Las variedades mostraron significación estadística ($P \leq 0.01$) para el comportamiento de altura de mazorca en los diferentes ambientes. Reafirmando lo anterior, los promedios de altura de mazorca de los híbridos resultaron entre 84.153 y 145.280 centímetros de los híbridos $H_1(2 \times 1)$ y $H_{29}(PM-213)$ con menor y mayor altura de mazorca, respectivamente, con un diferencial promedio de 61.127 centímetros. Estos resultados permiten conocer los genotipos con mayor y menor altura de mazorca en los ambientes de prueba. Sin embargo, para hacer la selección de genotipos se consideran los parámetros de estabilidad (Coeficiente de regresión y desviaciones de la regresión) para esta variable, mostrados en la Tabla 30.

La interacción variedad x ambiente (V x A lineal) resultó significativa ($P \leq 0.05$), esto indica que se puede hacer selección al identificar los híbridos con mayor o menor altura, es decir aquellos que muestran mayor estabilidad en los ambientes y que sean capaces de expresar su potencial genético en el fenotipo para esta variable. Los híbridos significativos en el análisis de varianza son inconsistentes (6 híbridos) en los ambientes de prueba, es decir su comportamiento en cuanto altura de mazorca es diferente en cada experimento o ambiente. Los genotipos altamente significativos ($P \leq 0.01$) son: $H_{21}(31 \times 28)$, $H_{27}(43 \times 41)$ y $H_{30}(EXP-05)$, y los genotipos significativos ($P \leq 0.05$), son: $H_3(4 \times 1)$, $H_9(13 \times 11)$ y $H_{29}(PM-213)$.

La Tabla 30, muestra que los híbridos $H_1(2 \times 1)$, $H_2(3 \times 1)$, $H_6(7 \times 1)$, $H_7(8 \times 1)$, $H_8(12 \times 11)$, $H_{10}(14 \times 11)$, $H_{11}(15 \times 11)$, $H_{12}(16 \times 11)$, $H_{13}(17 \times 11)$, $H_{14}(21 \times 20)$, $H_{15}(22 \times 20)$, $H_{16}(23 \times 20)$, $H_{17}(24 \times 20)$, $H_{18}(25 \times 20)$, $H_{19}(29 \times 28)$, $H_{20}(30 \times 28)$, $H_{22}(32 \times 28)$, $H_{23}(36 \times 35)$, $H_{24}(37 \times 35)$, $H_{25}(38 \times 35)$, $H_{26}(42 \times 41)$ y $H_{28}(47 \times 46)$ tienen coeficientes de regresión igual a la unidad ($b_i=1$) y desviaciones de la regresión iguales a cero ($S^2d_i=0$), según prueba de t ($-t_{\alpha/2(3gl)} \leq t \leq t_{\alpha/2(3gl)}$) con un 95 y 99 por ciento de probabilidad y prueba de F (al 5 y 1 por ciento de significación), respectivamente, lo que indica que son genotipos estables y consistentes. De estos genotipos estables y consistentes los híbridos $H_6(14 \times 11)$ y $H_{23}(36 \times 35)$ con coeficientes de regresión (b_i) igual a 0.990 y 0.996, respectivamente, y con desviación de la regresión (S^2d_i) igual a 32.71 y -14.51, respectivamente, son los más estables y consistentes que los demás híbridos.

Los híbridos H₃, H₉, H₂₁, H₂₇, H₂₉ y H₃₀ tienen coeficientes de regresión igual a la unidad ($b_i=1$) y con desviaciones de la regresión diferente de cero ($S^2d_i \neq 0$), por tanto, son considerados como genotipos que tienen buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistentes. El híbrido H₅ tienen un coeficiente de regresión diferente de la unidad ($b_i < 1$) y con una desviación de la regresión igual de cero ($S^2d_i = 0$), por tanto, se considera un genotipo con mejor respuesta en ambientes desfavorables y consistentes. Finalmente, el híbrido H₄ tiene un coeficiente de regresión diferente de la unidad ($b_i > 1$) y con una desviación de la regresión igual de cero ($S^2d_i = 0$), por tanto, se considera como un genotipo con mejor respuesta en ambientes favorables y consistentes.

Tabla 30. Parámetros de estabilidad para altura de mazorca (Amz)

Nº	Genealogía	b_i	t test ($b_i = 1$)	Media	S^2d_i	$F_{cal} (S^2d_i = 0)$	P-value
H ₁	2x1	0.787	-0.759 ns	84.153	12.93	1.4799	0.2201 ns
H ₂	3x1	0.364	-2.808 ns	89.213	-0.84	0.9689	0.4077 ns
H ₃	4x1	0.292	-1.796 ns	122.040	52.07	2.9320	0.0339*
H ₄	5x1	1.436	3.410*	101.273	-18.62	0.3090	0.8189 ns
H ₅	6x1	0.351	-3.865*	93.273	-12.63	0.5314	0.6611 ns
H ₆	7x1	0.990	-0.030 ns	102.813	32.72	2.2139	0.0866 ns
H ₇	8x1	1.150	0.450 ns	107.940	29.52	2.0952	0.1010 ns
H ₈	12x11	0.929	-0.275 ns	87.227	6.64	1.2464	0.2931 ns
H ₉	13x11	1.633	1.691 ns	112.913	44.24	2.6415	0.0496*
H ₁₀	14x11	1.265	1.320 ns	102.487	-6.49	0.7593	0.5177 ns
H ₁₁	15x11	0.872	-0.776 ns	97.873	-13.19	0.5104	0.6754 ns
H ₁₂	16x11	1.320	0.942 ns	111.233	31.89	2.1832	0.0901 ns
H ₁₃	17x11	1.355	1.033 ns	111.293	33.22	2.2325	0.0846 ns
H ₁₄	21x20	0.728	-1.555 ns	105.293	-11.42	0.5762	0.6311 ns
H ₁₅	22x20	0.462	-1.581 ns	97.187	31.99	2.1870	0.0897 ns
H ₁₆	23x20	0.661	-1.025 ns	85.940	28.85	2.0707	0.1042
H ₁₇	24x20	0.812	-0.780 ns	103.507	2.52	1.0934	0.3522 ns
H ₁₈	25x20	1.564	1.845 ns	102.987	-16.52	1.7662	0.1537 ns
H ₁₉	29x28	1.424	1.792 ns	115.100	1.57	1.0583	0.3671 ns
H ₂₀	30x28	0.586	-2.893 ns	98.693	-16.52	0.3869	0.7625 ns
H ₂₁	31x28	1.098	0.177 ns	98.907	130.72	5.8503	0.0007**
H ₂₂	32x28	0.705	-1.106 ns	117.413	9.19	1.3410	0.2612 ns
H ₂₃	36x35	0.996	-0.029 ns	97.460	-14.51	0.4616	0.7093 ns
H ₂₄	37x35	1.190	0.599 ns	118.560	24.11	1.8947	0.1306 ns
H ₂₅	38x35	1.312	3.144 ns	110.833	-21.95	0.1855	0.9062 ns
H ₂₆	42x41	0.664	-2.258 ns	91.573	-15.71	0.4171	0.7409 ns
H ₂₇	43x41	0.892	-0.202 ns	105.060	119.01	5.4160	0.0012**
H ₂₈	47x46	0.831	-0.891 ns	106.433	-8.63	0.6798	0.5650 ns
H ₂₉	PM-213	1.836	1.874 ns	145.280	74.40	3.7605	0.0113*
H ₃₀	EXP-05	1.493	1.029 ns	124.933	89.75	4.3300	0.0053**

*=significativo al nivel de 5 por ciento ($P \leq 0.05$); **=altamente significativo al nivel de 1 por ciento ($P \leq 0.01$); ns=no significativo; b_i =Coeficiente de regresión; t test ($b_i = 1$) =Prueba de t Student; S^2d_i =Desviación de la regresión; F_{cal} = F calculado.

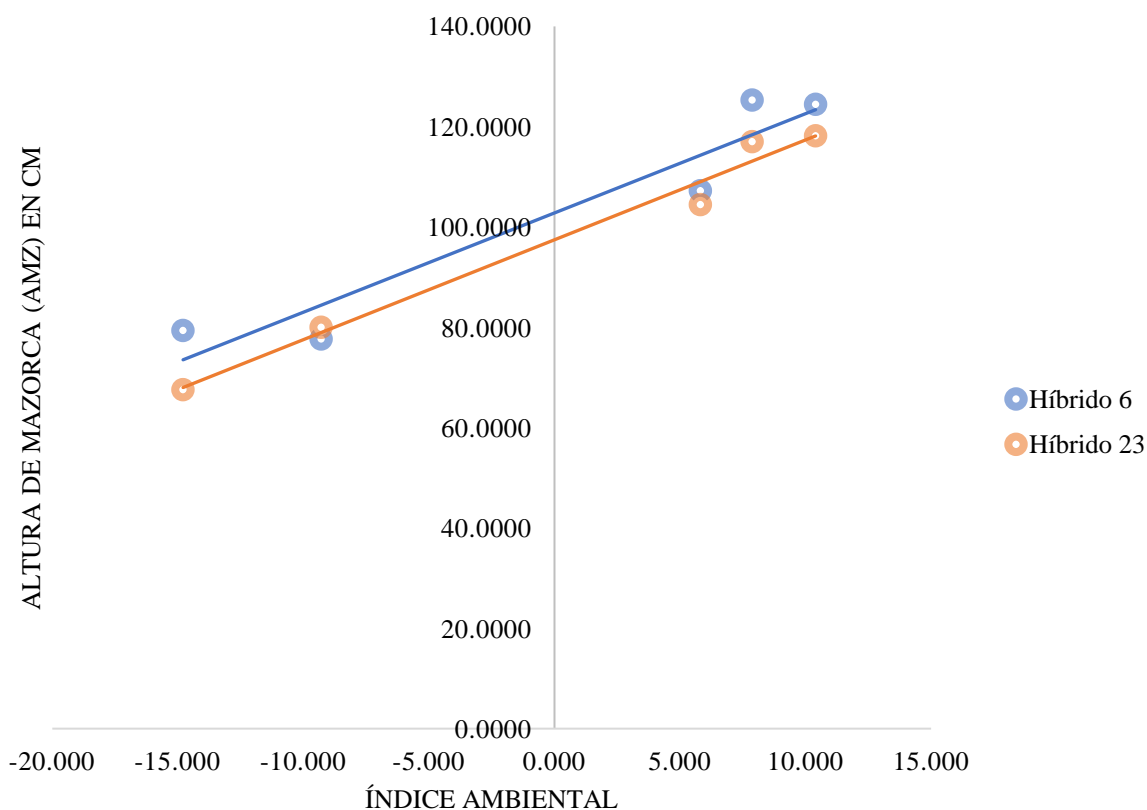


Figura 6. Gráfico de los híbridos más estables y consistentes para altura de mazorca (cm) en los ambientes de prueba

En la figura anterior se muestra el comportamiento estable de los híbridos H₆(7x1) y H₂₃(36x35) para la altura de mazorca en los ambientes. Los ambientes A1, A2, A3, A4 y A5 resultaron con un índice ambiental igual -14.792, -9.283, 7.866, 10.398 y 5.811, respectivamente. Estos genotipos estables tienen promedios en cuanto a altura de mazorca de 102.813 y 97.460 centímetros, respectivamente, en los distintos ambientes. Estos resultados concuerdan con Gami *et al.* (2017) y Raj *et al.* (2019), quienes reportaron genotipos estables para altura de mazorca según esta metodología. Si se buscara seleccionar en función de una mayor altura de mazorca el primer híbrido recomendado es H₆(14x11), el segundo recomendado es el híbrido H₂₃(36x35).

4.2.4. Índice de inserción de mazorca (Imz)

Tabla 31. Análisis de varianza para la estabilidad de híbridos de maíz amarillo duro en la variable índice de inserción de mazorca

FV	g.l	SC	CM	F_{cal}
Total	149	0.8046	0.0054	-
Variedades	29	0.2440	0.0084	5.4269**
Ambientes/Variedades	120	0.5606	0.0047	-
Ambientes (lineal)	1	0.3202	0.3202	-
V x A (lineal)	29	0.1009	0.0035	2.2440**
Desviación conjunta	90	0.1395	0.0016	-
H ₁	3	0.0124	0.0041	6.2406**
H ₂	3	0.0163	0.0054	8.1893**
H ₃	3	0.0000	0.0000	0.0143
H ₄	3	0.0033	0.0011	1.6407
H ₅	3	0.0060	0.0020	3.0304*
H ₆	3	0.0035	0.0012	1.7799
H ₇	3	0.0038	0.0013	1.8973
H ₈	3	0.0012	0.0004	0.5939
H ₉	3	0.0015	0.0005	0.7482
H ₁₀	3	0.0026	0.0009	1.3021
H ₁₁	3	0.0042	0.0014	2.1218
H ₁₂	3	0.0064	0.0021	3.2029*
H ₁₃	3	0.0086	0.0029	4.3194**
H ₁₄	3	0.0009	0.0003	0.4402
H ₁₅	3	0.0023	0.0008	1.1777
H ₁₆	3	0.0033	0.0011	1.6504
H ₁₇	3	0.0050	0.0017	2.5270
H ₁₈	3	0.0038	0.0013	1.9010
H ₁₉	3	0.0073	0.0024	3.6399*
H ₂₀	3	0.0066	0.0022	3.3052*
H ₂₁	3	0.0101	0.0034	5.0626**
H ₂₂	3	0.0012	0.0004	0.6223
H ₂₃	3	0.0043	0.0014	2.1566
H ₂₄	3	0.0061	0.0020	3.0624*
H ₂₅	3	0.0084	0.0028	4.2089**
H ₂₆	3	0.0024	0.0008	1.2247
H ₂₇	3	0.0041	0.0014	2.0624
H ₂₈	3	0.0001	0.0000	0.0620
H ₂₉	3	0.0006	0.0002	0.3103
H ₃₀	3	0.0031	0.0010	1.5494
Error conjunto	290	0.193	0.00066405	-

*=significativo al nivel de 5 por ciento ($P \leq 0.05$); **=altamente significativo al nivel de 1 por ciento ($P \leq 0.01$); FV =Fuente de variación; g.l = Grados de libertad; SC = Suma de cuadrados; CM = Cuadrados medios; F_{cal} = F calculado.

El análisis de varianza mostrado en la anterior, muestra la descomposición de la variabilidad de los datos para estabilidad de índice de inserción de mazorca en sus distintas fuentes de variación. Las variedades mostraron alta significación estadística ($P \leq 0.01$) para el comportamiento inserción de mazorca en los diferentes ambientes. Reafirmando lo anterior, los promedios de índice de inserción de mazorca de los híbridos resultaron entre 0.479 y 0.581, de los híbridos H₂₃(36x35) y H₂₉(PM-213), con menor y mayor índice de inserción de mazorca, respectivamente, con un diferencial de 0.102. Estos resultados permiten identificar los genotipos con mayor y menor índice de inserción de mazorca en los ambientes de prueba. Sin embargo, para hacer la selección de genotipos se consideran los parámetros de estabilidad (Coeficiente de regresión y desviaciones de la regresión) para esta variable, mostrados en la Tabla 32.

La interacción variedad x ambiente (V x A lineal) resultó altamente significativa ($P \leq 0.01$), esto indica que se puede hacer selección al poder identificar diferencias entre los híbridos con menor o mayor índice de inserción, es decir aquellos que muestran mayor estabilidad en los ambientes y que sean capaces de expresar la misma altura de inserción atribuyéndose a su potencial genético en el fenotipo. Los híbridos significativos en el análisis de varianza son inconsistentes en los ambientes de prueba, es decir su comportamiento en cuanto a inserción de mazorca es diferente en cada experimento o ambiente. Los genotipos altamente significativos ($P \leq 0.01$) son: H₁(2x1), H₂(3x1), H₁₃(17x11), H₂₁(31x28) y H₂₅(38x35), y los genotipos significativos ($P \leq 0.05$), son: H₅(6x1), H₁₂(16x11), H₁₉(29x28), H₂₀(30x28) y H₂₄(37x35).

La Tabla 32, muestra que los híbridos H₄(5x1), H₆(7x1), H₇(8x1), H₈(12x11), H₉(13x11), H₁₀(14x11), H₁₁(15x11), H₁₄(21x20), H₁₅(22x20), H₁₆(23x20), H₁₇(24x20), H₁₈(25x20), H₂₂(32x28), H₂₃(36x35), H₂₆(42x41), H₂₇(43x41), H₂₈(47x46), H₂₉(PM-213) y H₃₀(EXP-05), tienen coeficientes de regresión igual a la unidad ($b_i=1$) y desviaciones de la regresión iguales a cero ($S^2d_i=0$), según prueba de t ($-t_{\alpha/2(3gl)} \leq t \leq t_{\alpha/2(3gl)}$) con un 95 y 99 por ciento de probabilidad y prueba de F (al 5 y 1 por ciento de significación), respectivamente, lo que indica que son genotipos estables y consistentes. De estos genotipos estables y consistentes se considera que los híbridos H₈(12x11) y H₂₃(36x35) con coeficientes de regresión (b_i) igual a 0.992 y 1.090, respectivamente, y con desviación de la regresión (S^2d_i) igual a -0.000090 y 0.000256, respectivamente, son los más estables y consistentes que los demás híbridos.

Los híbridos H₁, H₂, H₅, H₁₂, H₁₃, H₁₉, H₂₀, H₂₁, H₂₄ y H₂₅ tienen coeficientes de regresión igual a la unidad ($b_i=1$) y con desviaciones de la regresión diferente de cero ($S^2d_i \neq 0$), por tanto, son considerados como genotipos que tienen buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistentes. Finalmente, el híbrido H₃ tiene un coeficiente de regresión diferente de la unidad ($b_i < 1$) y con una desviación de la regresión igual de cero ($S^2d_i = 0$), por tanto, se considera un genotipo con mejor respuesta en ambientes desfavorables y consistente.

Tabla 32. Parámetros de estabilidad para índice de inserción de mazorca (Imz)

Nº	Genealogía	b_i	t test ($b_i = 1$)	Media	S^2d_i	$F_{cal} (S^2d_i = 0)$	P-value
H ₁	2x1	0.762	-0.382 ns	0.486	0.001160	6.2406	0.0004**
H ₂	3x1	1.065	0.092 ns	0.494	0.001591	8.1893	0.0000**
H ₃	4x1	0.226	-25.950**	0.519	-0.000218	0.0143	0.9977 ns
H ₄	5x1	1.756	2.366 ns	0.492	0.000142	1.6407	0.1801 ns
H ₅	6x1	0.324	-1.556 ns	0.499	0.000449	3.0304	0.0297*
H ₆	7x1	1.593	1.783 ns	0.531	0.000173	1.7799	0.1511 ns
H ₇	8x1	1.540	1.572 ns	0.527	0.000199	1.8973	0.1301 ns
H ₈	12x11	0.992	-0.040 ns	0.489	-0.000090	0.5939	0.6194 ns
H ₉	13x11	1.581	2.692 ns	0.541	-0.000056	0.7482	0.5241 ns
H ₁₀	14x11	0.850	-0.527 ns	0.515	0.000067	1.3021	0.2739 ns
H ₁₁	15x11	0.912	-0.242 ns	0.509	0.000248	2.1218	0.0976 ns
H ₁₂	16x11	1.873	1.954 ns	0.540	0.000488	3.2029	0.0237*
H ₁₃	17x11	1.747	1.441 ns	0.521	0.000735	4.3194	0.0053**
H ₁₄	21x20	0.916	-0.509 ns	0.513	-0.000124	0.4402	0.7244 ns
H ₁₅	22x20	0.681	-1.179 ns	0.497	0.000039	1.1777	0.3184 ns
H ₁₆	23x20	0.090	-2.841 ns	0.515	0.000144	1.6504	0.1779 ns
H ₁₇	24x20	0.633	-0.926 ns	0.559	0.000338	2.5270	0.0576 ns
H ₁₈	25x20	1.988	2.873 ns	0.525	0.000510	1.9010	0.1295 ns
H ₁₉	29x28	1.393	0.827 ns	0.515	0.000584	3.6399	0.0132*
H ₂₀	30x28	0.063	-2.066 ns	0.503	0.000510	3.3052	0.0207*
H ₂₁	31x28	1.279	0.496 ns	0.507	0.000899	5.0626	0.0020**
H ₂₂	32x28	0.652	-1.770 ns	0.512	-0.000084	0.6223	0.6011 ns
H ₂₃	36x35	1.090	0.245 ns	0.479	0.000256	2.1566	0.0933 ns
H ₂₄	37x35	0.720	-0.642 ns	0.551	0.000457	3.0624	0.0285*
H ₂₅	38x35	0.402	-1.169 ns	0.515	0.000710	4.2089	0.0062**
H ₂₆	42x41	0.644	-1.289 ns	0.513	0.000050	1.2247	0.3009 ns
H ₂₇	43x41	0.209	-2.209 ns	0.492	0.000235	2.0624	0.1053 ns
H ₂₈	47x46	0.893	-1.729 ns	0.524	-0.000208	0.0620	0.9798 ns
H ₂₉	PM-213	1.170	1.223 ns	0.581	-0.000153	0.3103	0.8180 ns
H ₃₀	EXP-05	1.957	3.083 ns	0.558	0.000122	1.5494	0.2019 ns

*=significativo al nivel de 5 por ciento ($P \leq 0.05$); **=altamente significativo al nivel de 1 por ciento ($P \leq 0.01$); ns=no significativo; b_i =Coeficiente de regresión; t test ($b_i=1$)=Prueba de t Student; S^2d_i = Desviación de la regresión; F_{cal} = F calculado.

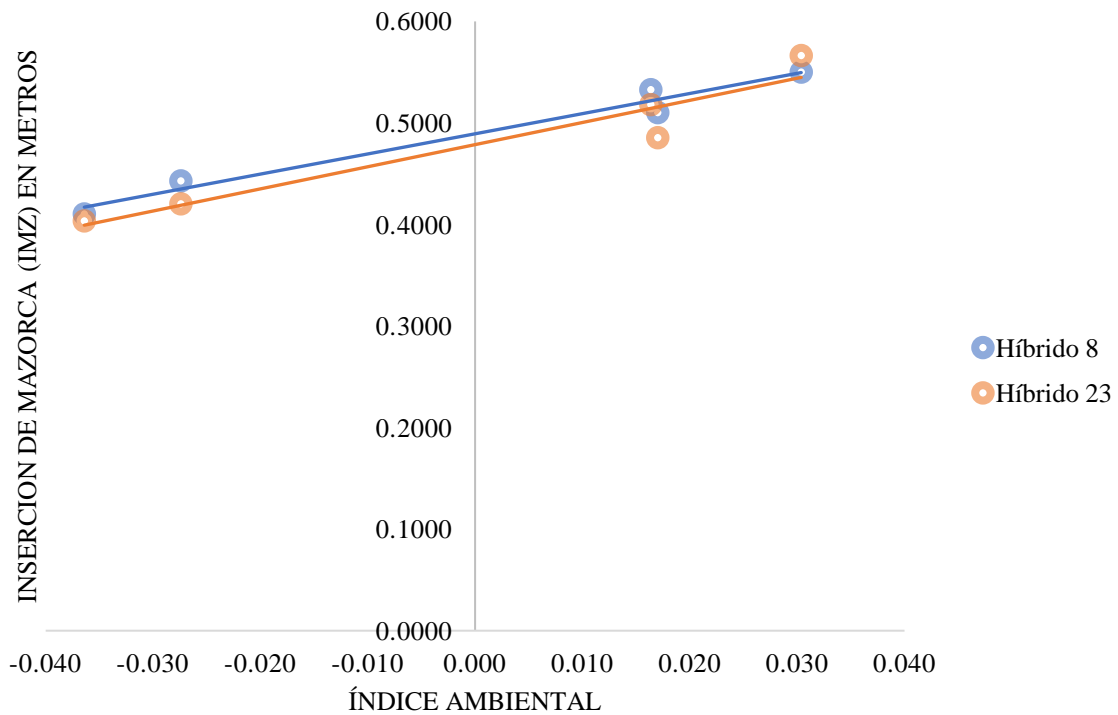


Figura 7. Gráfico de los híbridos más estables y consistentes en la variable índice de inserción de mazorca (Imz) en los ambientes

En la figura anterior se muestra el comportamiento estable de los híbridos $H_8(12 \times 11)$ y $H_{23}(36 \times 35)$ en índice de inserción de mazorca en los ambientes. Los ambientes A1, A2, A3, A4 y A5 resultaron con un índice ambiental igual -0.0274, -0.0364, 0.0164, 0.0304 y 0.0170, respectivamente. Estos genotipos estables tienen promedios en cuando a inserción de mazorca de 0.489 y 0.479, respectivamente, en los distintos ambientes. Si se buscase seleccionar en función de un mayor índice de inserción de mazorca el primer híbrido recomendado es $H_8(12 \times 11)$, el segundo recomendado es el híbrido $H_{23}(36 \times 35)$.

4.2.5. Días a floración masculina (Fmas)

Tabla 33. Análisis de varianza para la estabilidad de híbridos de maíz amarillo duro en la variable días a floración masculina

FV	g.l	SC	CM	F _{cal}
Total	149	17365.787	116.549	-
Variedades	29	1238.053	42.691	9.2729**
Ambientes/Variedades	120	16127.733	134.398	-
Ambientes (lineal)	1	15634.676	15634.676	-
V x A (lineal)	29	78.706	2.714	0.5895
Desviación conjunta	90	414.352	4.604	-
H ₁	3	25.394	8.465	4.5972**
H ₂	3	8.638	2.879	1.5638
H ₃	3	2.152	0.717	0.3896
H ₄	3	9.450	3.150	1.7109
H ₅	3	51.930	17.310	9.4013**
H ₆	3	6.026	2.009	1.0910
H ₇	3	2.611	0.870	0.4727
H ₈	3	4.422	1.474	0.8005
H ₉	3	3.859	1.286	0.6986
H ₁₀	3	34.845	11.615	6.3083**
H ₁₁	3	16.553	5.518	2.9967*
H ₁₂	3	13.686	4.562	2.4778
H ₁₃	3	7.224	2.408	1.3079
H ₁₄	3	17.424	5.808	3.1545*
H ₁₅	3	3.817	1.272	0.6910
H ₁₆	3	12.155	4.052	2.2005
H ₁₇	3	0.587	0.196	0.1062
H ₁₈	3	11.977	3.992	2.1683
H ₁₉	3	16.705	5.568	3.0243*
H ₂₀	3	16.525	5.508	2.9916*
H ₂₁	3	4.271	1.424	0.7733
H ₂₂	3	32.767	10.922	5.9320**
H ₂₃	3	15.312	5.104	2.7720*
H ₂₄	3	9.963	3.321	1.8036
H ₂₅	3	1.855	0.618	0.3358
H ₂₆	3	14.562	4.854	2.6362*
H ₂₇	3	5.742	1.914	1.0395
H ₂₈	3	9.735	3.245	1.7624
H ₂₉	3	0.582	0.194	0.1054
H ₃₀	3	53.583	17.861	9.7007**
Error conjunto	290	533.956	1.841	-

*=significativo al nivel de 5 por ciento ($P \leq 0.05$); **=altamente significativo al nivel de 1 por ciento ($P \leq 0.01$); FV=Fuente de variación; g.l=Grados de libertad; SC=Suma de cuadrados; CM=Cuadrados medios; F_{cal} = F calculado.

El análisis de varianza mostrado en la tabla anterior, muestra la descomposición de la variabilidad de los datos para estabilidad de días a floración masculina en sus distintas fuentes de variación. Las variedades mostraron alta significación estadística ($P \leq 0.01$) para el comportamiento de floración masculina en los diferentes ambientes. Confirmando lo anterior, los promedios de días a floración masculina de los híbridos resultaron entre 87 y 93 días en los híbridos $H_{15}(22 \times 20)$ y H_{30} (EXP-05), con menor y mayor número de días, respectivamente, con un diferencial de días promedio. Estos resultados permiten conocer y seleccionar los genotipos con el menor o mayor número de días a floración en los ambientes de prueba. Sin embargo, para hacer la selección de genotipos de acuerdo a la floración masculina se consideran los parámetros de estabilidad (Coeficiente de regresión y desviaciones de la regresión) para esta variable, mostrados en la Tabla 34.

La interacción variedad x ambiente (V x A lineal) es no significativa, indicando que para esta variable los genotipos (19 híbridos) tienen un comportamiento similar en los ambientes de prueba, esto puede traducirse como una consistencia en la variable altura de planta en los ambientes. Los híbridos significativos (11 híbridos) en el análisis de varianza son inconsistentes en los ambientes, es decir, su comportamiento en cuanto a días a floración masculina es diferente en cada experimento o ambiente. Los genotipos altamente significativos ($P \leq 0.01$) son $H_1(2 \times 1)$, $H_5(6 \times 1)$, $H_{10}(14 \times 11)$, $H_{22}(32 \times 28)$ y H_{30} (EXP-05), y los genotipos significativos ($P \leq 0.05$), son: $H_{11}(15 \times 11)$, $H_{14}(21 \times 20)$, $H_{19}(29 \times 28)$, $H_{20}(30 \times 28)$, $H_{23}(36 \times 35)$ y $H_{26}(42 \times 41)$.

La Tabla 34, muestra que los híbridos $H_2(3 \times 1)$, $H_3(4 \times 1)$, $H_4(5 \times 1)$, $H_6(7 \times 1)$, $H_7(8 \times 1)$, $H_8(12 \times 11)$, $H_9(13 \times 11)$, $H_{12}(16 \times 11)$, $H_{13}(17 \times 11)$, $H_{15}(22 \times 20)$, $H_{16}(23 \times 20)$, $H_{17}(24 \times 20)$, $H_{18}(25 \times 20)$, $H_{21}(31 \times 28)$, $H_{24}(37 \times 35)$, $H_{25}(38 \times 35)$, $H_{27}(43 \times 41)$ y $H_{28}(47 \times 46)$ tienen coeficientes de regresión igual a la unidad ($b_i=1$) y desviaciones de la regresión iguales a cero ($S^2d_i=0$), según prueba de t ($-t_{\alpha/2(3gl)} \leq t \leq t_{\alpha/2(3gl)}$) con un 95 y 99 por ciento de probabilidad y prueba de F (al 5 y 1 por ciento de significación), respectivamente, lo que indica que son genotipos estables y consistentes. De estos genotipos estables y consistentes se considera que los híbridos $H_{17}(24 \times 20)$, $H_{21}(31 \times 28)$ y $H_{25}(38 \times 35)$, con coeficientes de regresión (b_i) igual a 0.994, 1.017 y 0.993, respectivamente, y con desviación de la regresión (S^2d_i) igual a -0.549, -0.139 y -0.408, respectivamente, son los más estables y consistentes que los demás híbridos.

Los híbridos H₁, H₅, H₁₀, H₁₁, H₁₄, H₁₉, H₂₀, H₂₂, H₂₃, H₂₆ y H₃₀ tienen coeficientes de regresión igual a la unidad ($b_i=1$) y con desviaciones de la regresión diferente de cero ($S^2d_i \neq 0$), por tanto, son considerados como genotipos que tienen buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistentes. Finalmente, el híbrido H₂₉(PM-312) tiene un coeficiente de regresión diferente de la unidad ($b_i>1$) y con una desviación de la regresión igual de cero ($S^2d_i = 0$), por tanto, se consideran como un genotipo con mejor respuesta en ambientes favorables y consistente.

Tabla 34. Parámetros de estabilidad para días a floración masculina (Fmas)

Nº	Genealogía	b_i	t test ($b_i = 1$)	Media	S^2d_i	$F_{cal} (S^2d_i = 0)$	P-value
H ₁	2x1	0.980	-0.156 ns	90.000	2.208	4.59723	0.00368**
H ₂	3x1	1.095	1.273 ns	90.467	0.346	1.56383	0.19829 ns
H ₃	4x1	1.100	2.693 ns	90.667	-0.375	0.38958	0.76059 ns
H ₄	5x1	0.953	-0.601 ns	88.200	0.436	1.71088	0.16487 ns
H ₅	6x1	0.996	-0.022 ns	92.267	5.156	9.40130	0.00001**
H ₆	7x1	1.090	1.448 ns	91.133	0.056	1.09102	0.35320 ns
H ₇	8x1	1.067	1.632 ns	89.067	-0.324	0.47271	0.70153 ns
H ₈	12x11	0.885	-2.156 ns	89.267	-0.122	0.80052	0.49442 ns
H ₉	13x11	0.958	-0.843 ns	91.067	-0.185	0.69865	0.55353 ns
H ₁₀	14x11	0.924	-0.510 ns	88.600	3.258	6.30832	0.00037**
H ₁₁	15x11	0.919	-0.785 ns	91.733	1.225	2.99666	0.03109*
H ₁₂	16x11	0.815	-1.975 ns	90.667	0.907	2.47777	0.06148 ns
H ₁₃	17x11	0.978	-0.323 ns	88.867	0.189	1.30788	0.27201 ns
H ₁₄	21x20	0.943	-0.535 ns	91.000	1.322	3.15448	0.02523*
H ₁₅	22x20	0.932	-1.367 ns	87.067	-0.190	0.69105	0.55814 ns
H ₁₆	23x20	1.057	0.645 ns	92.067	0.737	2.20055	0.08814 ns
H ₁₇	24x20	0.994	-0.305 ns	90.600	-0.549	0.10619	0.95643 ns
H ₁₈	25x20	1.052	0.596 ns	88.733	1.222	2.16834	0.09189 ns
H ₁₉	29x28	1.011	0.103 ns	88.867	1.242	3.02428	0.02997*
H ₂₀	30x28	0.999	-0.006 ns	91.467	1.222	2.99159	0.03130*
H ₂₁	31x28	1.017	0.326 ns	92.000	-0.139	0.77327	0.50974 ns
H ₂₂	32x28	1.088	0.607 ns	90.733	3.027	5.93203	0.00061**
H ₂₃	36x35	0.972	-0.280 ns	90.333	1.088	2.77200	0.04181*
H ₂₄	37x35	0.953	-0.588 ns	88.333	0.493	1.80364	0.14661 ns
H ₂₅	38x35	0.993	-0.203 ns	87.467	-0.408	0.33578	0.79948 ns
H ₂₆	42x41	0.964	-0.375 ns	90.667	1.004	2.63624	0.04997*
H ₂₇	43x41	1.098	1.611 ns	90.400	0.024	1.03949	0.37540 ns
H ₂₈	47x46	1.106	1.344 ns	88.333	0.468	1.76238	0.15448 ns
H ₂₉	PM-213	1.086	4.461*	93.667	-0.549	0.10540	0.95688 ns
H ₃₀	EXP-05	0.974	-0.142 ns	93.867	5.340	9.70065	0.0000**

*=significativo al nivel de 5 por ciento ($P \leq 0.05$); **=altamente significativo al nivel de 1 por ciento ($P \leq 0.01$); ns= no significativo; b_i =Coeficiente de regresión; t test ($b_i=1$) =Prueba de t Student; S^2d_i = Desviación de la regresión; F_{cal} =F calculado.

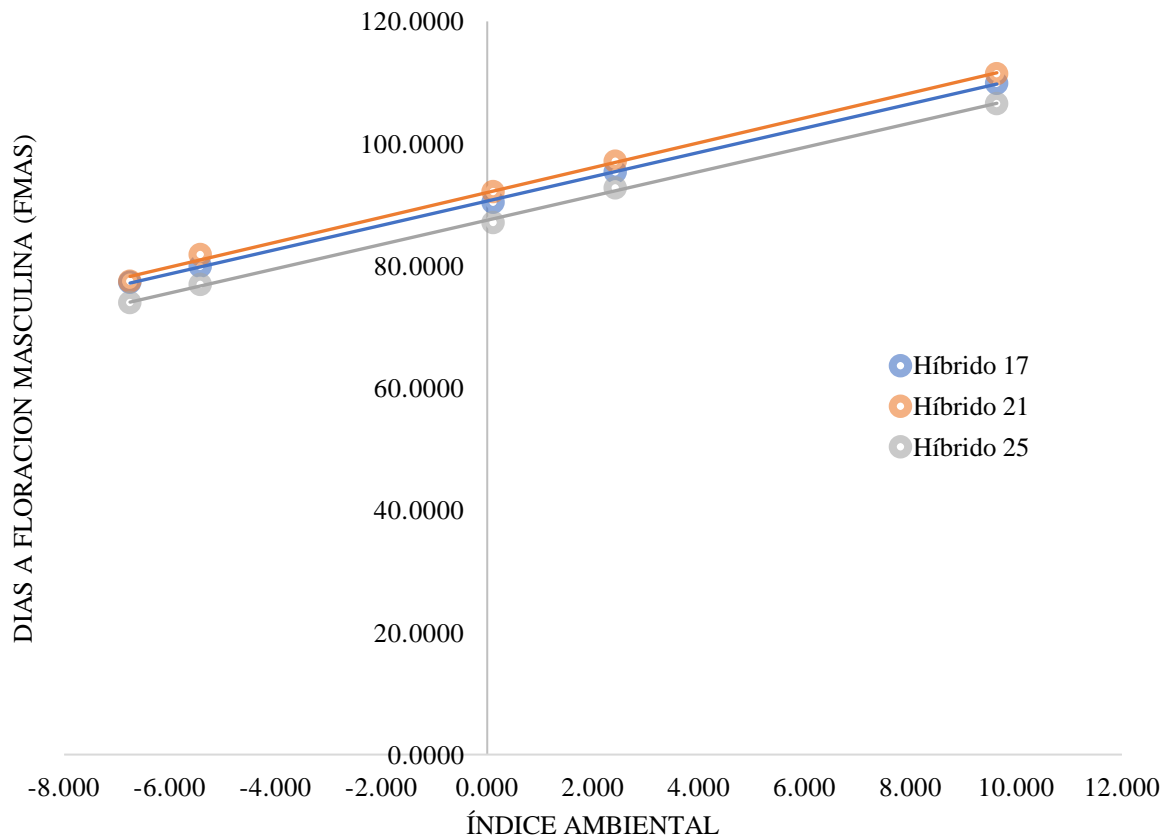


Figura 8. Gráfico de los híbridos más estables y consistentes para la variable días a floración masculina en los ambientes prueba

En la figura anterior se muestra el comportamiento estable de los híbridos H₂₁(31x28), H₁₇(24x20) y H₂₅(38x35) en la variable días a floración masculina en los ambientes. Los ambientes A1, A2, A3, A4 y A5 resultaron con un índice ambiental igual -5.420, 0.113, 9.636, 2.424 y -6.753 respectivamente. Estos genotipos estables tienen promedios en cuanto a floración masculina de 90, 92 y 87 días, respectivamente, en los distintos ambientes. Del mismo modo que Raj *et al.* (2019) y Arunkumar *et al.* (2020) reportaron genotipos estables para días a floración masculina según esta metodología. El híbrido H₂₁(31x28) tiene el mayor número de días a floración, es decir, es el híbrido que más tardó en su aparición de flores masculina desde la siembra, seguido del híbrido H₁₇(24x20) y por último el híbrido H₂₅(38x35).

4.2.6. Días a floración femenina (Ffem)

Tabla 35. Análisis de varianza para la estabilidad de maíz amarillo duro en la variable días a floración femenina

FV	g.l	SC	CM	F _{cal}
Total	149	18333.058	123.041	-
Variedades	29	1775.858	61.236	14.1801**
Ambientes/Variedades	120	16557.200	137.977	-
Ambientes (lineal)	1	16055.724	16055.724	-
V x A (lineal)	29	112.813	3.890	0.9008
Desviación conjunta	90	388.663	4.318	-
H ₁	3	24.302	8.101	3.6377*
H ₂	3	0.934	0.311	0.1398
H ₃	3	1.136	0.379	0.1701
H ₄	3	35.035	11.678	5.2442**
H ₅	3	49.950	16.650	7.4767**
H ₆	3	2.379	0.793	0.3561
H ₇	3	4.896	1.632	0.7329
H ₈	3	15.567	5.189	2.3302
H ₉	3	7.359	2.453	1.1016
H ₁₀	3	31.643	10.548	4.7366**
H ₁₁	3	14.122	4.707	2.1139
H ₁₂	3	21.494	7.165	3.2174*
H ₁₃	3	5.692	1.897	0.8520
H ₁₄	3	21.870	7.290	3.2737*
H ₁₅	3	4.390	1.463	0.6572
H ₁₆	3	10.420	3.473	1.5597
H ₁₇	3	2.074	0.691	0.3104
H ₁₈	3	4.839	1.613	0.7243
H ₁₉	3	24.772	8.257	3.7080*
H ₂₀	3	10.461	3.487	1.5659
H ₂₁	3	7.489	2.496	1.1210
H ₂₂	3	34.614	11.538	5.1812**
H ₂₃	3	6.511	2.170	0.9745
H ₂₄	3	4.217	1.406	0.6312
H ₂₅	3	0.775	0.258	0.1159
H ₂₆	3	6.644	2.215	0.9946
H ₂₇	3	5.863	1.954	0.8776
H ₂₈	3	2.875	0.958	0.4304
H ₂₉	3	0.338	0.113	0.0505
H ₃₀	3	26.001	8.667	3.8920**
Error conjunto	290	645.800	2.227	-

*=significativo al nivel de 5 por ciento ($P \leq 0.05$); **=altamente significativo al nivel de 1 por ciento ($P \leq 0.01$); FV=Fuente de variación; g.l =Grados de libertad; SC=Suma de cuadrados; CM=Cuadrados medios; F_{cal} = F calculado.

El análisis de varianza mostrado en la tabla anterior, muestra la descomposición de la variabilidad de los datos para estabilidad días a floración femenina en sus distintas fuentes de variación. Las variedades mostraron alta significación estadística ($P \leq 0.01$) para el comportamiento de días a floración femenina en los diferentes ambientes. Reafirmando lo anterior, los promedios floración de los híbridos resultaron entre 89 y 97 días, de los híbridos H₁₅(22x20) y H₃₀(EXP-05) con menor y mayor número de días a floración, respectivamente, con un diferencial promedio de 7 días. Estos resultados permiten conocer y seleccionar los genotipos con el menor o mayor número de días a floración en los ambientes de prueba. Sin embargo, para hacer la selección de genotipos de acuerdo a la floración femenina se consideran los parámetros de estabilidad (Coeficiente de regresión y desviaciones de la regresión) para esta variable, mostrados en la Tabla 36.

La interacción variedad x ambiente (V x A lineal) es no significativa, indicando que para esta variable los genotipos (21 híbridos) tienen un comportamiento similar en los ambientes de prueba, esto puede traducirse como una consistencia en la variable días a floración femenina en los ambientes. Los híbridos significativos (9 híbridos) en el análisis de varianza son inconsistentes en los ambientes, es decir, su comportamiento en cuanto a días a floración femenina es diferente en cada experimento o ambiente. Los genotipos altamente significativos ($P \leq 0.01$) son H₄(5x1), H₅(6x1), H₁₀(14x11), H₂₂(32x28) y H₃₀(EXP-05), y los genotipos significativos ($P \leq 0.05$), son: H₁(2x1), H₁₂(16x11), H₁₄(21x20) y H₁₉(29x28).

La Tabla 36, muestra que los híbridos H₆(7x1), H₇(8x1), H₈(12x11), H₉(13x11), H₁₁(15x11), H₁₃(17x11), H₁₅(22x20), H₁₆(23x20), H₁₇(24x20), H₁₈(25x20), H₂₀(30x28), H₂₁(31x28), H₂₃(36x35), H₂₄(37x35), H₂₅(38x35), H₂₆(42x41), H₂₇(43x41) tienen coeficientes de regresión igual a la unidad ($b_i=1$) y desviaciones de la regresión iguales a cero ($S^2d_i=0$), según prueba de t ($-t_{\alpha/2(3gl)} \leq t \leq t_{\alpha/2(3gl)}$) con un 95 y 99 por ciento de probabilidad y prueba de F (al 5 y 1 por ciento de significación), respectivamente, lo que indica que son genotipos estables y consistentes. De estos genotipos estables y consistentes se considera que los híbridos H₇(8x1), H₁₆(23x20) y H₁₇(24x20) con coeficientes de regresión (b_i) igual a 1.018, 1.009 y 0.995, respectivamente, y con desviación de la regresión (S^2d_i) igual a -0.198, 0.416 y -0.512, respectivamente, son los más estables y consistentes que los demás híbridos.

Los híbridos H₁, H₄, H₅, H₁₀, H₁₂, H₁₄, H₁₉, H₂₂ y H₃₀ tienen coeficientes de regresión igual a la unidad ($b_i=1$) y con desviaciones de la regresión diferente de cero ($S^2d_i \neq 0$), por tanto,

son considerados como genotipos que tienen buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistentes. Finalmente, Los híbridos H₂, H₃, H₂₈, H₂₉ tienen un coeficiente de regresión diferente de la unidad ($b_i > 1$) y desviaciones de la regresión igual de cero ($S^2d_i = 0$), por tanto, se consideran como genotipos con mejor respuesta en ambientes favorables y consistentes.

Tabla 36. Parámetros de estabilidad para días floración femenina (Ffem)

Nº	Genealogía	b_i	t test ($b_i = 1$)	Media	S^2d_i	$F_{cal} (S^2d_i = 0)$	P-value
H ₁	2x1	0.950	-0.408 ns	92.133	1.958	3.63767	0.01327*
H ₂	3x1	1.131	5.439*	92.800	-0.639	0.13978	0.93613 ns
H ₃	4x1	1.088	3.295*	93.267	-0.616	0.17008	0.91654 ns
H ₄	5x1	0.994	-0.044 ns	90.667	3.150	5.24424	0.00154**
H ₅	6x1	1.081	0.458 ns	95.200	4.808	7.47673	0.00008**
H ₆	7x1	0.983	-0.453 ns	94.133	-0.478	0.35613	0.78474 ns
H ₇	8x1	1.018	0.327 ns	91.600	-0.198	0.73288	0.53311 ns
H ₈	12x11	0.897	-1.051 ns	91.133	0.987	2.33021	0.07451 ns
H ₉	13x11	1.016	0.233 ns	93.267	0.075	1.10159	0.34880 ns
H ₁₀	14x11	0.878	-0.866 ns	90.667	2.774	4.73655	0.00305**
H ₁₁	15x11	0.927	-0.776 ns	93.733	0.827	2.11386	0.09858 ns
H ₁₂	16x11	0.802	-1.711 ns	92.467	1.646	3.21736	0.02321*
H ₁₃	17x11	0.974	-0.434 ns	89.933	-0.110	0.85197	0.46649 ns
H ₁₄	21x20	0.930	-0.603 ns	92.800	1.688	3.27366	0.02154*
H ₁₅	22x20	0.953	-0.902 ns	89.267	-0.254	0.65717	0.57903 ns
H ₁₆	23x20	1.009	0.115 ns	94.400	0.416	1.55975	0.19931 ns
H ₁₇	24x20	0.995	-0.148 ns	92.400	-0.512	0.31038	0.81788 ns
H ₁₈	25x20	1.007	0.119 ns	89.867	0.420	0.72432	0.53816 ns
H ₁₉	29x28	1.016	0.128 ns	91.533	2.010	3.70798	0.01208*
H ₂₀	30x28	0.951	-0.608 ns	93.867	0.420	1.56590	0.19778 ns
H ₂₁	31x28	0.975	-0.360 ns	94.333	0.090	1.12099	0.34083 ns
H ₂₂	32x28	1.050	0.338 ns	92.400	3.104	5.18117	0.00168**
H ₂₃	36x35	1.013	0.203 ns	92.400	-0.019	0.97454	0.40508 ns
H ₂₄	37x35	0.980	-0.394 ns	90.333	-0.274	0.63119	0.59541 ns
H ₂₅	38x35	0.944	-2.536 ns	89.333	-0.656	0.11593	0.95072 ns
H ₂₆	42x41	0.918	-1.276 ns	93.600	-0.004	0.99457	0.39572 ns
H ₂₇	43x41	1.074	1.232 ns	91.800	-0.091	0.87756	0.45307 ns
H ₂₈	47x46	1.148	3.506*	89.333	-0.423	0.43036	0.73141 ns
H ₂₉	PM-213	1.081	5.616*	96.400	-0.705	0.05055	0.98496 ns
H ₃₀	EXP-05	1.218	1.715 ns	97.067	2.147	3.89196	0.00945**

*=significativo al nivel de 5 por ciento ($P \leq 0.05$); **=altamente significativo al nivel de 1 por ciento ($P \leq 0.01$); ns=no significativo; b_i =Coeficiente de regresión; t test ($b_i = 1$) =Prueba de t Student; S^2d_i =Desviación de la regresión; F_{cal} = F calculado.

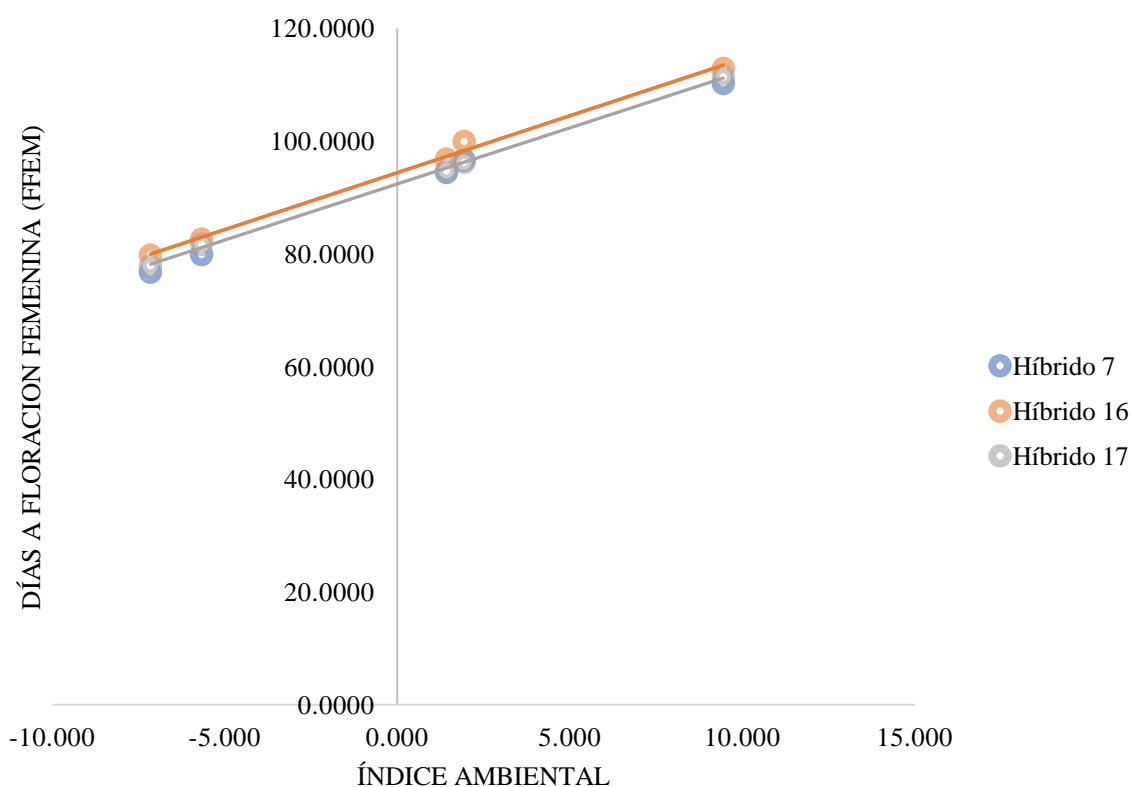


Figura 9. Gráfico de los híbridos más estables y consistentes para la variable días a floración femenina (Ffem) en los ambientes

En la figura anterior se muestra el comportamiento estable de los híbridos H₇(8x1), H₁₆(23x20) y H₁₇(24x20), en la variable días a floración femenina en los ambientes. Los ambientes A1, A2, A3, A4 y A5 resultaron con un índice ambiental igual -5.671, 1.429, 9.451, 1.940 y -7.149 respectivamente. Estos genotipos estables tienen promedios en cuanto a floración femenina de 91, 94 y 92 días, respectivamente, en los distintos ambientes. Del mismo modo que Arunkumar *et al.* (2020) reportaron genotipos estables para días a floración femenina según esta metodología. El híbrido H₁₆(23x20) es el que tienen el mayor número de días a floración, es decir, más tardío en su aparición de flor femenina desde la siembra, seguido del híbrido H₁₇(24x20) y por último H₇(8x1) (el más precoz).

4.3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD: MODELO AMMI (EFECTOS PRINCIPALES ADITIVOS E INTERACCIONES MULTIPLICATIVAS)

4.3.1. Rendimiento de grano (Rdto)

Tabla 37. ANOVA del modelo AMMI para el rendimiento de grano (t ha⁻¹) de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	(%) de SC
Ambientes	4	1528.704	382.176**	62.98
Genotipos	29	420.933	14.515**	17.34
IG x A	116	477.675	4.118**	19.68
PC1	32	250.442	7.826**	60.23
PC2	30	76.163	2.539**	18.32
PC3	28	52.896	1.889**	12.72
PC4	26	36.278	1.395*	8.73
Error	215	174.453	0.811	-
CV (%)	11.53			
Media Gral.	7.81			

*=significativo al nivel de 5 por ciento ($P \leq 0.05$); **= altamente significativo al nivel de 1 por ciento ($P \leq 0.01$); PCI= Primer componente principal 1; PC2= Segundo componente principal; PC3=Tercer componente principal; PC4= Cuarto Componente principal; IGxA=Interacción genotipo x ambiente; CV (%) =Coeficiente de variación.

En la tabla anterior se observan los resultados del Análisis de Varianza del modelo AMMI para la variable rendimiento de grano, y muestra que los primeros cuatro componentes principales mostraron significación estadística según la prueba de Gollob (1968), de tal manera que puede explicarse casi en su totalidad el efecto de la interacción genotipo x ambiente (IGxA), sin embargo, en esta investigación para su representación gráfica se hará la combinación de los dos primeros componentes principales significativos (CP1 y CP2) y el CP1 con la variable rendimiento de grano (RDTO).

Según Crossa *et al.* (1990), para una buena interpretación de los efectos de la IGxA, un valor confiable debe ser una proporción superior a 75 por ciento. La proporción explicada de la suma de cuadrado de la IGxA con 116 grados de libertad por CP1 es de 60.23 por ciento y la proporción explicada de la suma de cuadrados de la IGxA por CP2 es de 18.32 por ciento, de manera que, usando estos dos primeros componentes, considerando su proporción acumulada de Suma de Cuadrados de IGxA igual a 78.55 por ciento, permite inferencias con una alta confianza para la interpretación de biplots generados por AMMI1 y AMMI2.

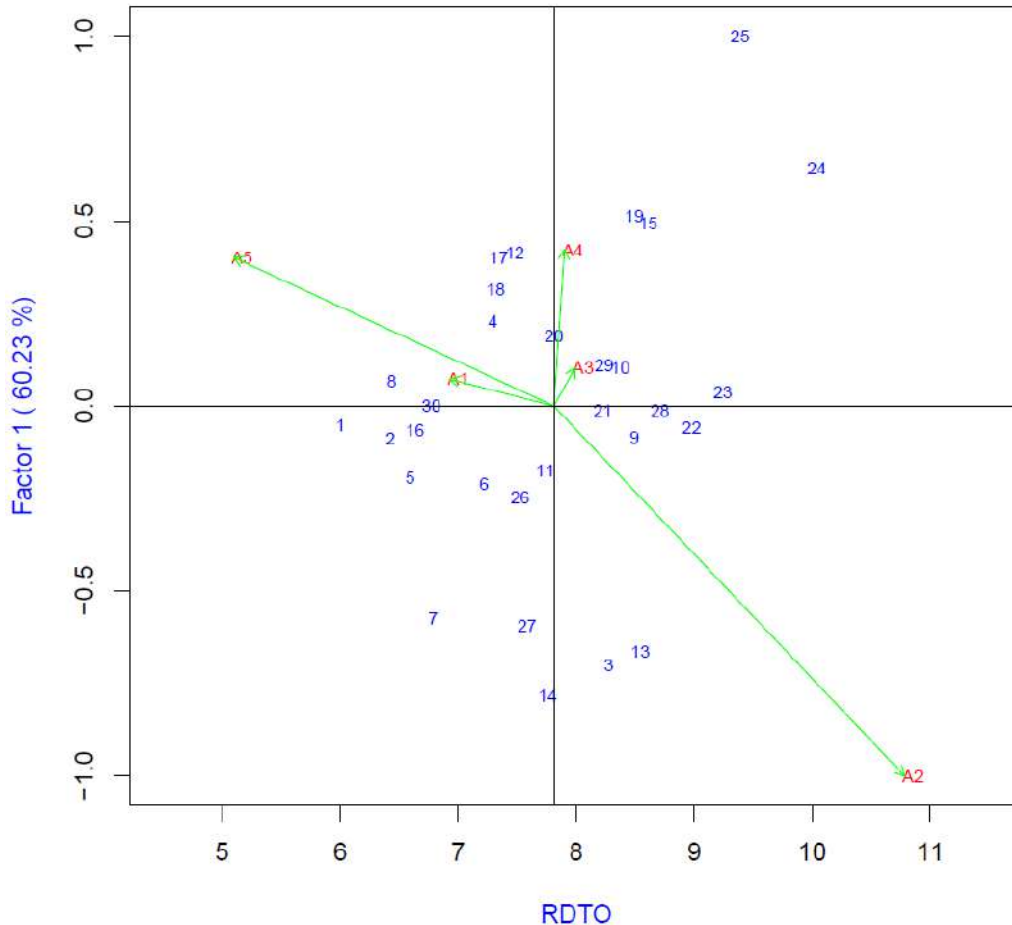


Figura 10. Biplot de AMMI (AMMI1) para rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$) (RDTO), con el primer componente principal (CP1) en función del rendimiento promedio de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba

En la figura anterior se puede identificar que el eje horizontal (eje de las abscisas) representa el CP1, mientras que el eje vertical (eje de las coordenadas) representa la media del rendimiento de grano ($7.810\ t\ ha^{-1}$), lo cual indica que todos los genotipos y ambientes que fueron mayores a la media, se encontrarán con los valores más elevados, perpendiculares al eje de las abscisas (López-Morales *et al.* 2019). Asimismo, permite verificar si los genotipos son estables. Gauch *et al.* (2008), explica que los biplots de AMMI pueden usarse para visualizar las características de los genotipos probados para verificar si son estables en todos los lugares o solo en un lugar determinado.

Los seis genotipos con mayor rendimiento de grano según la Figura 10 en orden descendente son: H₂₄(37x35), H₂₅(38x35), H₂₃(36x35), H₂₂(32x28), H₂₈(47x46) y H₁₅(22x20) con promedio de 10.039, 9.388, 9.242, 8.977, 8.710, 8.609 y 7.810 ($t\ ha^{-1}$), respectivamente. La Tabla 14 con la prueba DMS al 5 por ciento y el biplot de la Figura 10 coinciden en que el

ambiente A2(Oxapampa-2016) con un promedio de 10.854 ($t\ ha^{-1}$) es el que tuvo un mayor rendimiento promedio y el que menor rendimiento obtuvo es el ambiente A5(La Molina-2019) con un promedio de 5.169 ($t\ ha^{-1}$). Los seis genotipos con menor rendimiento promedio en orden descendente son: H₃₀(EXP-05), H₁₆(23x20), H₅(6x1), H₈(12x11), H₂(3x1) y H₁(2x1) con promedio de 6.772, 6.633, 6.594, 6.439, 6.426 y 6.003 ($t\ ha^{-1}$), respectivamente. Los genotipos que están cerca al eje de abscisas (H₃₀, H₂₁, H₂₈ y H₂₃) indican que, están menos influenciado por la IGxA. Los genotipos H₂₁, H₂₉ y H₁₀ son los más cercanos al origen, por tanto, son los más estables según este biplot, es decir, son los híbridos que mantuvieron su comportamiento de rendimiento a través de los ambientes. Los híbridos que aportaron más a la IGxA fueron: H₂₅, H₂₄, H₁₃, H₁₄ y H₇.

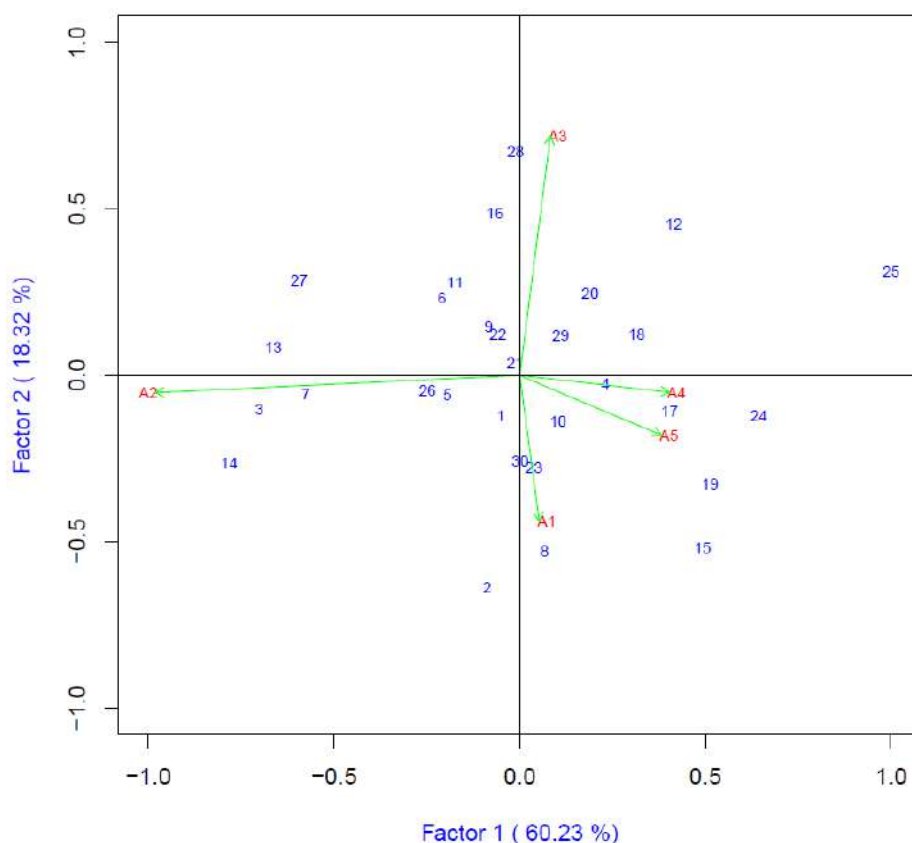


Figura 11. Biplot de AMMI con los dos primeros componentes principales de interacción (CP1 y CP2) para los datos de rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$) de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba

Según Duarte y Vencovsky (1999), los componentes CP1 y CP2 explican proporción atribuida a la IGxA que permite hacer las observaciones de los genotipos y ambientes con adaptabilidad específica, es decir, los ambientes y genotipos que están ubicados en el mismo cuadrante y cercanos entre sí, tienen una adaptación específica a ese entorno o ambiente. En

cuanto a los ambientes para esta variable en la Figura 11 se observa que A1(La Molina-2016), A5(La Molina-2019) y A4(La Molina-2018) son ambientes que presentaron menor interacción, considerándose como los ambientes más estables porque están cercano al origen de los ejes, por el contrario de A3(La Molina-2017) y A2(Oxapampa-2016) que, si contribuyeron a la interacción y por tal razón, logran discriminar mejor a los híbridos.

En los ambientes A1 y A2 no existe ninguna asociación, entre A1 y A3 son ambientes opuestos indicando una asociación negativa por tener un ángulo cercano a 180°, en el caso de A3 con A4 y A5 tampoco tienen asociación ya que tiene ángulos de 90° o mayor aproximadamente. Los ambientes A1 con A5 y A4 si tiene asociación positiva es decir son ambientes que pueden ser similares y que los genotipos podrán tener un comportamiento similar en cuanto a rendimiento de grano si dependiera de las condiciones del entorno. Los genotipos H₈, H₂₃ y H₃₀ están fuertemente asociados al ambiente A1, asimismo los genotipos H₁₇, H₄, H₂₄ y H₁₉ están asociados a los ambientes A4 y A5, es decir, en estos ambientes estos genotipos tienen un comportamiento similar. Los genotipos H₁₄, H₃ y H₇ están asociados con el ambiente A2 y finalmente el genotipo H₂₈ tiene una fuerte asociación con el ambiente A3.

4.3.2. Altura de planta (Altp)

Tabla 38. ANOVA del modelo AMMI para la altura de planta en centímetros de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	(%) de SC
Ambientes	4	44951.226	11237.807**	19.03
Genotipos	29	150123.539	5176.674**	63.57
IG x A	116	41094.988	354.267**	17.40
PC1	32	16117.962	503.686**	49.61
PC2	30	7349.657	244.989**	22.62
PC3	28	5642.240	201.509**	17.36
PC4	26	3378.010	129.923	10.40
Error	215	20790.160	96.698	-
CV (%)	13.02			
Media Gral.	202.09			

*=significativo al nivel de 5 por ciento ($P \leq 0.05$); **=altamente significativo al nivel de 1 por ciento ($P \leq 0.01$); PCI= Primer componente principal 1; PC2= Segundo componente principal; PC3= Tercer componente principal; CP4= Cuarto Componente principal; IGxA=Interacción genotipo x ambiente; CV (%) =Coeficiente de variación.

La tabla anterior se muestra el Análisis de Varianza del modelo AMMI para la variable altura de planta. La interacción IGxA es altamente significativa, lo que indica que los genotipos tienen un comportamiento distinto en los ambientes. Asimismo, se indica que los primeros tres componentes principales mostraron alta significación estadística ($P < 0.01$) según la prueba de Gollob (1968), de tal forma que podrá explicarse el efecto de IGxA. La porción explicada de la suma de cuadrados de la IGxA con 116 grados de libertad por CP1 es de 49.61 por ciento y la proporción explicada de la suma de cuadrados de la IGxA por CP2 es de 22.62 por ciento, de manera que, usando estos dos primeros componentes, considerando su proporción acumulada de Suma de Cuadrados de IGxA igual a 72.23 por ciento, permite inferencias con una alta confianza para la interpretación de biplots generados por AMMI1 (CP1 y CP2) y AMMI2 (CP1 y ALTP).

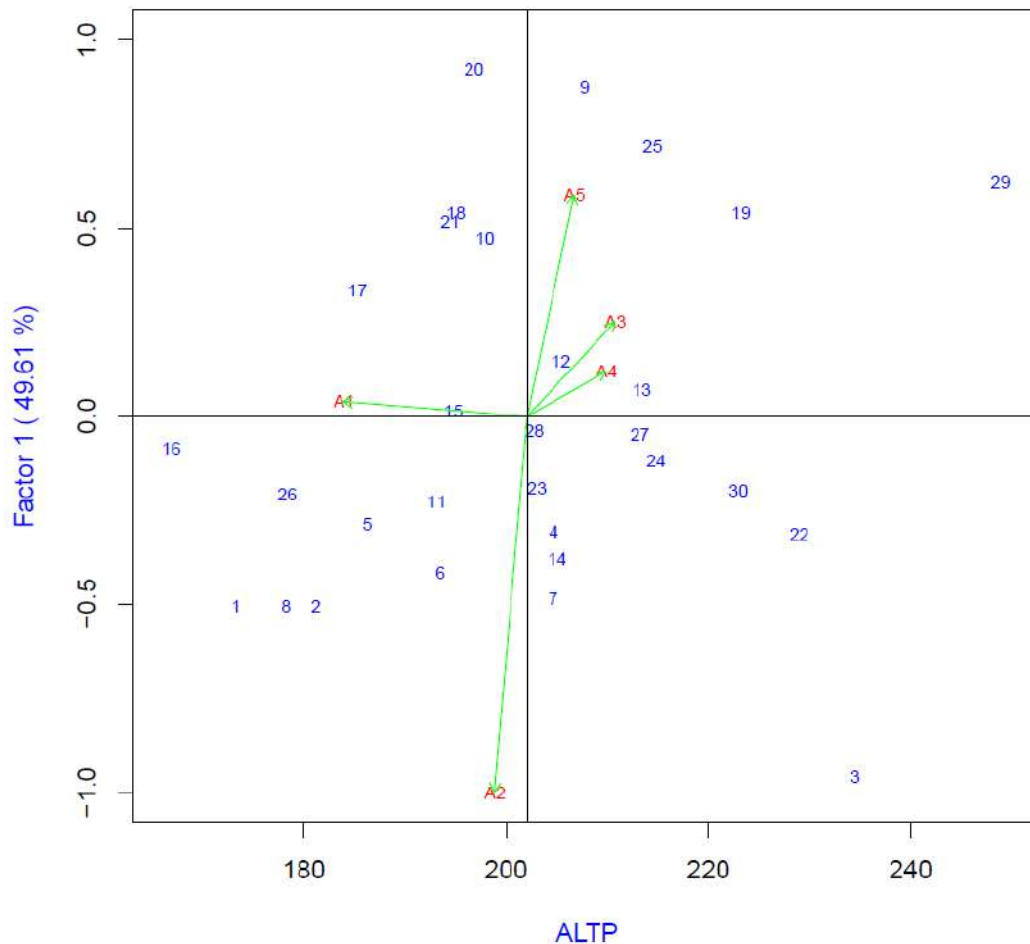


Figura 12. Biplot de AMMI para los datos de altura de planta (ALTP) en centímetros, mostrando el primer componente principal (CP1) y la altura promedio de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba

En la figura anterior se puede identificar que el eje horizontal (eje de las abscisas) representa el CP1, mientras que el eje vertical (eje de las coordenadas) representa la media de altura de planta en centímetros (202.087 cm). Los seis genotipos con mayor altura de planta según la Figura 12 en orden descendente son: H₂₉(PM-213), H₃(4x1), H₂₂(32x28), H₁₉(29x28), H₃₀(EXP-05) y H₂₄(37x35) con promedio de 248.847, 234.520, 228.953, 223.193, 222.960 y 214.807 centímetros, respectivamente. La Tabla 16 con la prueba DMS al 5 por ciento y el biplot de la Figura 12 coinciden en que el ambiente A3(La Molina-2017) con un promedio de 210.836 centímetros, es el que obtuvo mayor altura de planta promedio y el que menor altura de planta obtuvo es el ambiente A1(La Molina-2016) con un promedio de 183.961 centímetros.

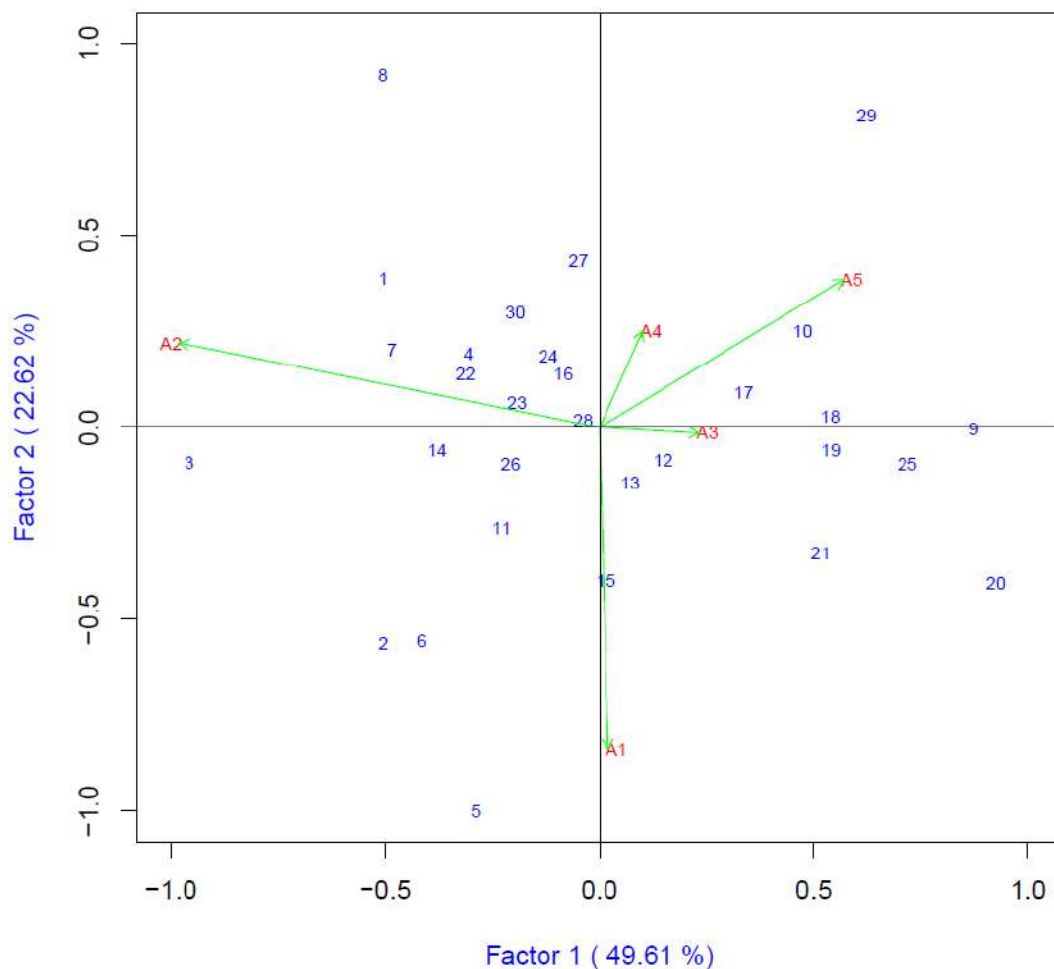


Figura 13. Biplot de AMMI con los dos primeros componentes principales de interacción (CP1 y CP2) para los datos de altura de planta de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba

Los seis genotipos con menor altura de planta promedio en orden descendente son: H₁₇(24x20), H₂(3x1), H₂₆(42x41), H₈(12x11), H₁(2x1), H₁₆(23x20) con promedio de 85.293, 181.187, 178.333, 178.220, 173.267 y 166.893 centímetros, respectivamente. Los genotipos que están cerca al eje de abscisas (H₁₅, H₂₈, H₂₇ y H₁₃) indican que están menos influenciado por la IGxA.

Los genotipos H₂₈, H₁₂, H₁₃, H₁₅ son los más cercanos al origen, por tanto, son los más estables según este biplot, es decir, son los híbridos que mantuvieron su comportamiento de altura de planta a través de los ambientes. Los híbridos que aportaron más a la IGxA fueron: H₂₉, H₃, H₁, H₁₆ y H₂₀.

En cuanto a los ambientes para esta variable en el biplot de Figura 13 se observa que A3(La Molina-2017), A4(La Molina-2018) y A5(La Molina-2019) son ambientes que presentaron menor interacción, considerándose como los ambientes más estables porque están cercano al origen de los ejes, por el contrario de A1(La Molina-2016) y A2(Oxapampa-2016), si contribuyeron a la interacción y por tal razón, logran discriminar mejor a los híbridos.

En los ambientes A1 y A2 no existe ninguna asociación debido a que tiene ángulos mayores a 90°, entre los ambientes A2 y A4 no existe ninguna asociación y entre los ambientes A2 y A5 existe una asociación negativa ya que tiene ángulos mayores a 90°, asimismo entre A1 y A4 son ambientes opuestos indicando una asociación negativa, en este caso por tener un ángulo cercano a 180°, y finalmente en el caso de los ambientes A3 con A4 y A5 tienen una fuerte asociación positiva ya que tiene ángulos menores de 90°, es decir, son ambientes que pueden ser similares y que los genotipos podrán tener un comportamiento similar en altura de planta si dependiera de las condiciones del entorno.

El genotipo H₁₅ está asociado al ambiente A1, asimismo los genotipos H₁ y H₇ están asociados al ambiente A2. Los genotipos H₁₃, H₁₂, están fuertemente asociados al ambiente A3 y los genotipos H₁₀ y H₁₇ están asociados a A5 y a su vez con el ambiente A4, es decir, en estos ambientes estos genotipos tienen un comportamiento similar, y finalmente el genotipo H₂₈, H₁₆, H₂₄, H₃₀ y H₂₇ están cercanos a la altura de planta promedio, pero tienden de adaptarse al ambiente A2.

4.3.3. Altura de mazorca (Amz)

Tabla 39. ANOVA del modelo AMMI para la altura de mazorca en centímetros de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	(%) de SC
Ambientes	4	45786.589	11446.647**	32.81
Genotipos	29	73404.562	2531.192**	52.61
IG x A	116	20343.643	175.376**	14.58
PC1	32	9869.149	308.411**	56.57
PC2	30	4568.745	152.291**	26.19
PC3	28	1821.176	65.042	10.44
PC4	26	1187.243	45.663	6.81
Error	215	9492.172	44.150	-
CV (%)	6.33			
Media Gral.	104.96			

*=significativo al nivel de 5 por ciento ($P \leq 0.05$); **=altamente significativo al nivel del 1 por ciento ($P \leq 0.01$); PCI= Primer componente principal 1; PC2= Segundo componente principal; PC3=Tercer componente principal; PC4= Cuarto Componente principal; IGxA = Interacción genotipo x ambiente; CV (%) =Coeficiente de variación.

En la tabla anterior se observan los resultados del Análisis de varianza del modelo AMMI para la variable altura de mazorca, y muestra que los primeros dos componentes principales mostraron significación estadística según la prueba de Gollob (1968), de tal manera que puede explicarse el efecto de la interacción genotipo x ambiente (IGxA). Para la representación gráfica de esta variable se combinan los dos primeros componentes principales (CP1 y CP2) y también el CP1 con la variable altura de mazorca (AMZ).

La proporción explicada de la suma de cuadrado de la IGxA con 116 grados de libertad por CP1 es de 56.57 por ciento y la proporción explicada de la suma de cuadrados de la IGxA por CP2 es de 26.19 por ciento, de manera que, usando estos dos primeros componentes, considerando su proporción acumulada de Suma de Cuadrados de IGxA igual a 82.76 por ciento, permite inferencias con una alta confianza para la interpretación de biplots generados por AMMI1 y AMMI2.

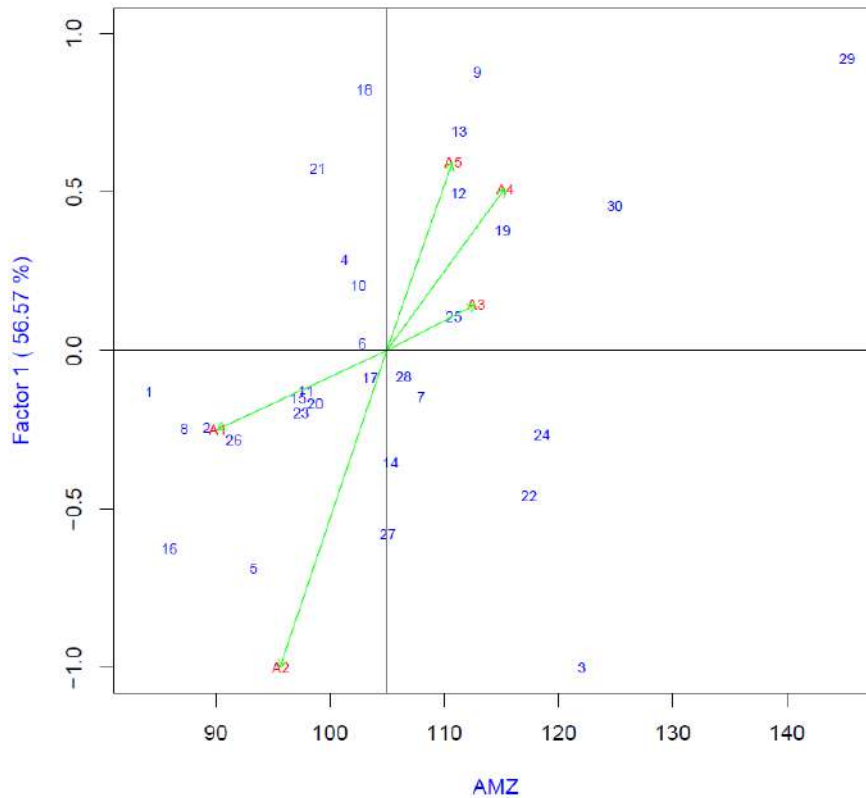


Figura 14. Biplot de AMMI para los datos de altura de mazorca (AMZ) en centímetros, mostrando el primer componente principal (CP1) y la altura de mazorca promedio de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba

En la figura anterior se puede identificar que el eje horizontal (eje de las abscisas) representa el CP1, mientras que el eje vertical (eje de las coordenadas) representa la media de altura de mazorca (104.963 cm). Los seis genotipos con mayor altura de planta promedio según la Figura 14 en orden descendente son: H₂₉(PM-213), H₃₀(EXP-05), H₃(4x1), H₂₄(37x35), H₂₂(32x28) y H₁₉(29x28) con promedio de 145.280, 124.933, 122.040, 118.560, 117.413 y 115.100 centímetros, respectivamente. La Tabla 18 con la prueba DMS al 5 por ciento y el biplot de la Figura 14 coinciden en que el ambiente A4(La Molina-2018) con un promedio de 115.361 centímetros es el que tuvo una mayor altura de mazorca y el que menor altura obtuvo es el ambiente A1(La Molina-2016) con un promedio de 90.171 centímetros. Los seis genotipos con menor altura de mazorca promedio según Figura 14 son: H₅(6x1), H₂₆(42x41), H₂(3x1), H₈(12x11), H₁₆(23x20) y H₁(2x1) con promedio de 93.273, 91.573, 89.213, 87.227, 85.940 y 84.153 centímetros, respectivamente.

Los genotipos que están cerca al eje de abscisas (H₂₈, H₆, H₁₇ y H₇) indican que están menos influenciado por la IGxA. Estos genotipos son los más cercanos al origen, por tanto, son los

más estables según este biplot, es decir, son los híbridos que mantuvieron su comportamiento de altura de mazorca a través de los ambientes. Los híbridos que aportaron más a la IGxA fueron: H₂₉, H₃, H₁₃, H₁₆, H₁, H₂₁, H₁₈ y H₉.

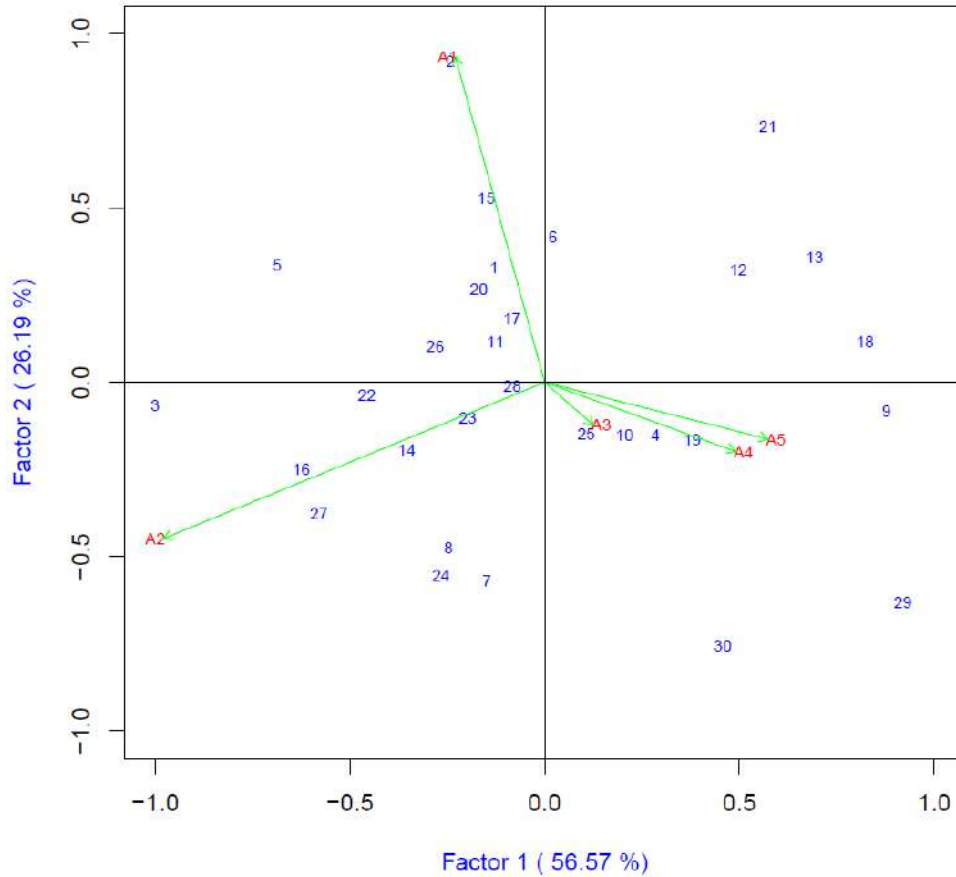


Figura 15. Biplot de AMMI con los dos primeros componentes principales de interacción (CP1 y CP2) para los datos de altura de mazorca de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba

En cuanto a los ambientes se en la figura anterior se observa que A1(La Molina-2016) y A2(Oxapampa-2016) no tiene ninguna asociación, asimismo el ambiente A2(Oxapampa-2016) no tiene asociación con A3(La Molina-2017) y si tiene una asociación negativa con A4 y A5, La Molina-2018 y La Molina-2019, respectivamente, ya que tiene ángulos superiores a 90°, los ambientes A5(La Molina-2019), A4 (La Molina-2018) y A3(La Molina-2017), están muy asociados, es decir son ambientes que pueden ser similares y que los genotipos podrán tener un comportamiento similar si dependiera de las condiciones del entorno.

Los ambientes que presentaron menor interacción son: A1, A4 y A5 considerándose como los ambientes más estables porque están cercano al origen de los ejes, por el contrario de

A1(La Molina-2016) y A2(Oxapampa-2016), si contribuyeron a la interacción y por tal razón, logran discriminar mejor a los híbridos. El genotipo H₂ está fuertemente asociado al ambiente A1, asimismo los genotipos H₂₅, H₁₀, H₄ y H₁₉ están fuertemente asociados a los ambientes A3, A4 y A5, es decir, en estos ambientes estos genotipos tienen un comportamiento similar. Los genotipos H₃, H₁₆ y H₂₇ están asociados con el ambiente A2.

4.3.4. Índice de inserción de mazorca (Imz)

Tabla 40. ANOVA del modelo AMMI para índice de inserción de mazorca de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	(%) de SC
Ambientes	4	0.320	0.0800**	39.79
Genotipos	29	0.244	0.0084**	30.33
IG x A	116	0.240	0.0021**	29.88
PC1	32	0.134	0.0042**	57.02
PC2	30	0.058	0.0019**	24.73
PC3	28	0.025	0.0009*	10.73
PC4	26	0.018	0.0007	7.53
Error	215	0.119	0.0006	-
CV (%)	4.55			
Media Gral.	0.52			

*=significativo al nivel de 5 por ciento ($P \leq 0.05$); **=altamente significativo al nivel del 1 por ciento ($P \leq 0.01$); PCI= Primer componente principal 1; PC2= Segundo componente principal; PC3= Tercer componente principal; PC4= Cuarto Componente principal; IGxA=Interacción genotipo x ambiente; CV (%) =Coeficiente de variación.

En la tabla anterior se observan los resultados del Análisis de varianza del modelo AMMI para la variable índice de inserción de mazorca, y muestra que los primeros tres componentes principales mostraron significación estadística según la prueba de Gollob (1968), de tal manera que puede explicarse casi en su totalidad el efecto de la interacción genotipo x ambiente (IGxA), sin embargo, también para la representación gráfica de la IGxA se hará la combinación de los dos primeros componentes principales significativos (CP1 y CP2) y el CP1 y el índice promedio de inserción de mazorca (Imz).

La proporción explicada de la suma de cuadrado de la IGxA con 116 grados de libertad por CP1 es de 57.02 por ciento y la proporción explicada de la suma de cuadrados de la IGxA

por CP2 es de 24.73 por ciento, de manera que, usando estos dos primeros componentes, considerando su proporción acumulada de Suma de Cuadrados de IGxA igual a 81.74 por ciento, permite inferencias con una alta confianza para la interpretación de biplots generados por AMMI1 y AMMI2.

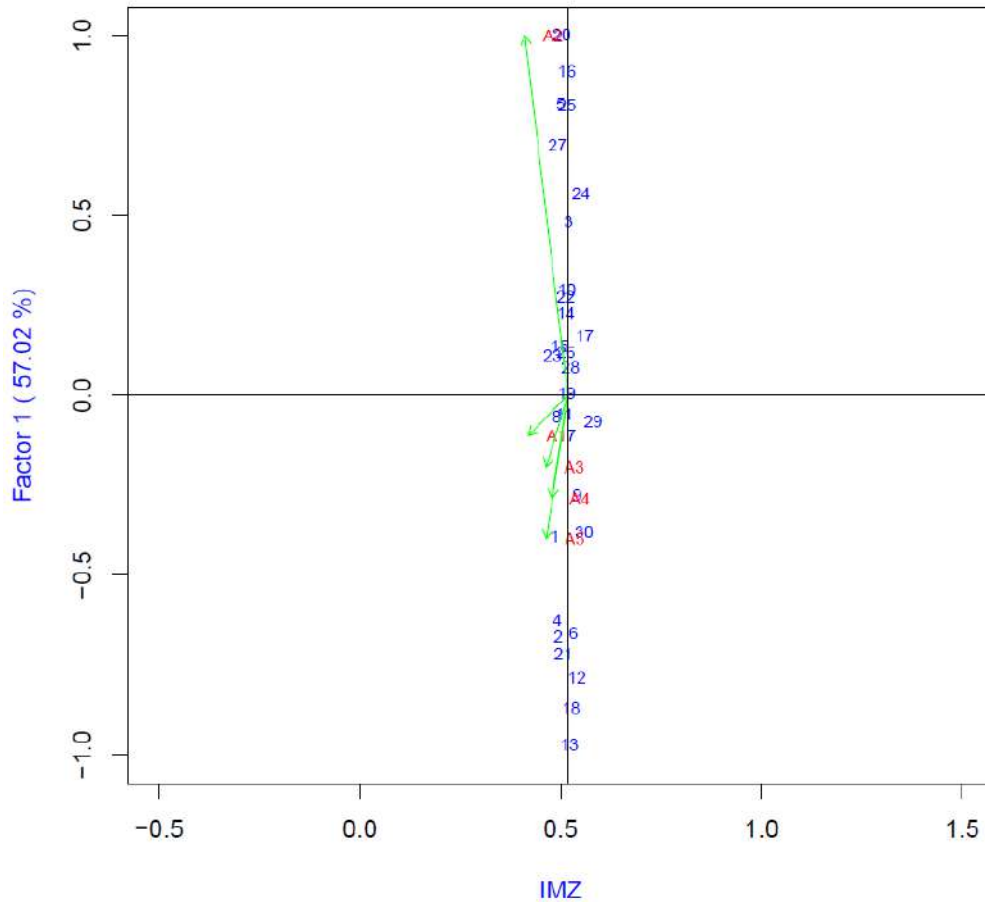


Figura 16. Biplot de AMMI para los datos de índice de inserción de mazorca, mostrando el primer componente principal (CP1) y el índice promedio de inserción de mazorca de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados los ambientes de prueba

En la figura anterior se puede identificar que el eje horizontal (eje de las abscisas) representa el CP1, mientras que el eje vertical (eje de las coordenadas) representa la media del índice de inserción de mazorca (0.517). Los seis genotipos con mayor índice de inserción de mazorca según la Figura 16 en orden descendente son: H₂₉(PM-213), H₁₇(24x20), H₃₀(EXP-05), H₂₄(37x35), H₉(13x11), H₁₂(16x11) con 0.581, 0.559, 0.558, 0.551, 0.541 y 0.540, respectivamente.

La Tabla 20 con la prueba DMS al 5 por ciento y el biplot de la Figura 16 coinciden en que el ambiente A4(La Molina-2018) con un promedio de 0.548, es el que tuvo un mayor índice

de inserción promedio y el que menor índice obtuvo es el ambiente A2(Oxapampa-2016) con un índice promedio de 0.481. Los seis genotipos con menor índice de inserción de mazorca promedio en orden descendente son: H₂(3x1), H₄(5x1), H₂₇(43x41), H₈(12x11), H₁(2x1) y H₂₃(36x35) con promedio de 0.494, 0.492, 0.492, 0.489, 0.486 y 0.479, respectivamente. Los genotipos que están cerca al eje de abscisas (H₁₁, H₂₈, H₁₉ y H₈) indican que están menos influenciado por la IGxA, estos genotipos son los más cercanos al origen, por tanto, son los más estables según este biplot, es decir, son los híbridos que se mantuvieron en cuanto al índice de inserción de mazorca a través de los ambientes. Los híbridos que aportaron más a la IGxA fueron: H₂₀, H₁₆, H₁₃ y H₁₈.

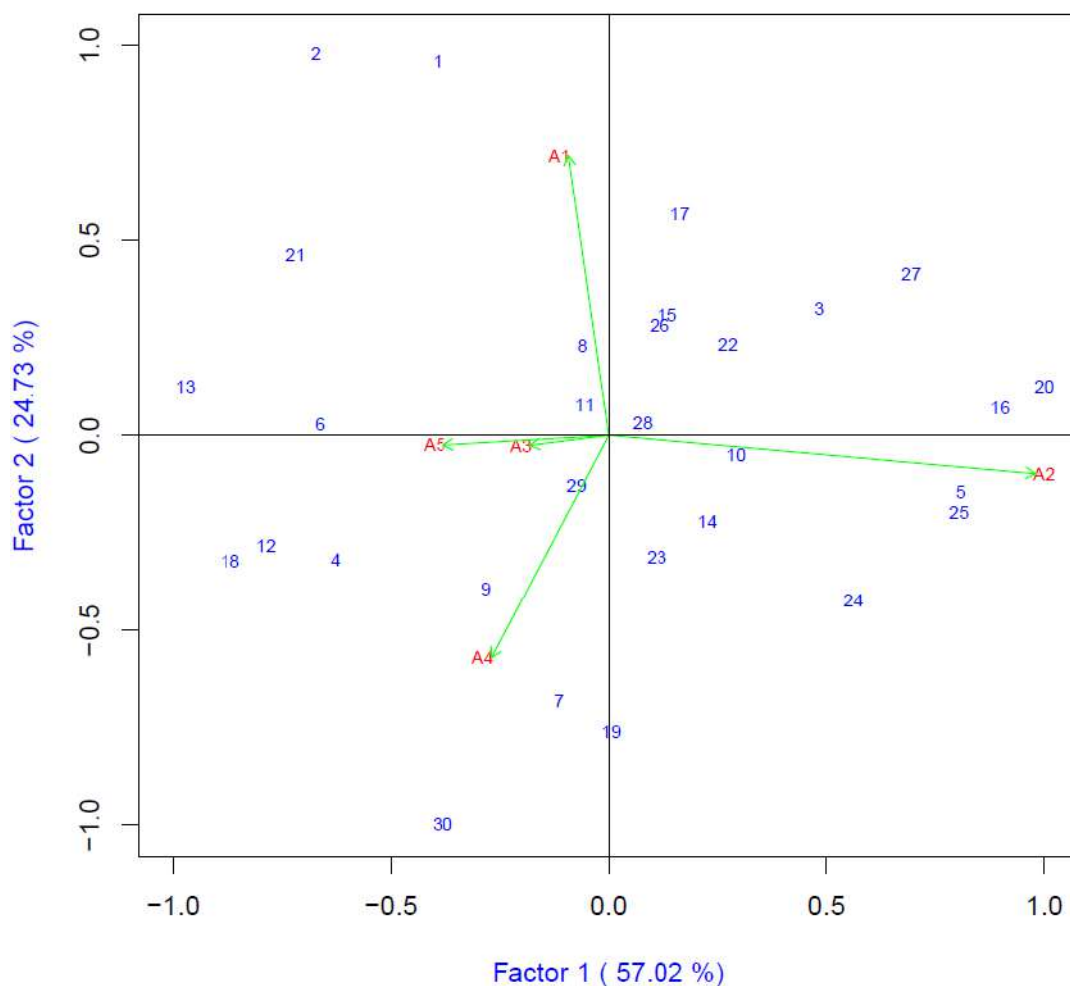


Figura 17. Biplot de AMMI con los dos primeros componentes principales de interacción (CP1 y CP2) para los datos de índice de inserción de mazorca de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba

En cuanto a los ambientes se observó que A3(La Molina-2017) y A5(La Molina-2019), son ambientes que presentaron menor interacción, considerándose como los ambientes más

estables porque están cercano al origen de los ejes, por el contrario de A1(La Molina-2016), A4(La Molina-2018) y A2(Oxapampa-2016) si contribuyeron a la interacción y por tal razón, logran discriminar mejor a los híbridos.

Entre los ambientes A1 con A2 y A4 existe asociación negativa, es decir son ambientes distintos, entre A3 con A5 y A4 son ambientes que si tienen asociación positiva es decir son ambientes que pueden ser similares y que los genotipos podrán tener un comportamiento similar si dependiera de las condiciones del entorno. Los ambientes A2 con A3 y A5 son ambientes opuestos indicando una asociación negativa por tener un ángulo cercano a 180°. El genotipo H₁ están asociados al ambiente A1, asimismo los genotipos H₅ y H₂₅ están muy asociados al ambiente A2 y el genotipo H₂₉ está asociado con los ambientes A3 y A5.

4.3.5. Días a floración masculina (Fmas)

Tabla 41. ANOVA del modelo AMMI para días a floración masculina de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	(%) de SC
Ambientes	4	15634.676	3908.669**	90.03
Genotipos	29	1238.053	42.691**	7.13
IG x A	116	493.058	4.251**	2.84
PC1	32	260.881	8.153**	59.82
PC2	30	77.339	2.578**	17.73
PC3	28	59.094	2.111**	13.55
PC4	26	38.798	1.492*	8.90
Error	215	250.091	1.163	-
CV (%)	1.19			
Media Gral.	90.25			

*=significativo al nivel de 5 por ciento ($P \leq 0.05$); **=altamente significativo al nivel de 1 por ciento ($P \leq 0.01$); PC1= Primer componente principal 1; PC2= Segundo componente principal; PC3= Tercer componente principal; PC4= Cuarto Componente principal; IGxA= Interacción genotipo x ambiente; CV (%) = Coeficiente de variación.

En la tabla anterior se observan los resultados del análisis de varianza del modelo AMMI para la variable días a floración masculina, y muestra que los primeros cuatro componentes principales mostraron significación estadística según la prueba de Gollob (1968), de tal manera que puede explicarse casi en su totalidad el efecto de la interacción genotipo x ambiente (IGxA), Sin embargo, los dos primeros componentes se combinan para generar el

biplot AMMI1 de la Figura 19 y (CP1 y CP2) y el CP1 con la variable días a floración masculina (FMAS) para generar el biplot AMMI2 de la Figura 18.

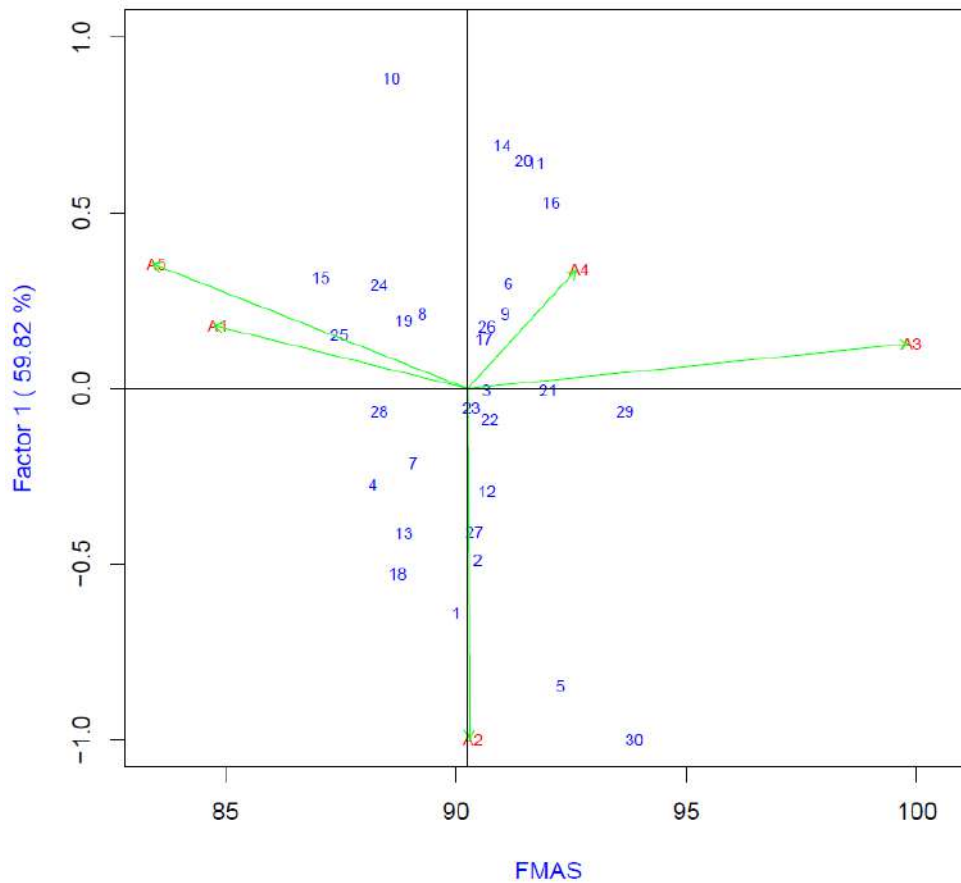


Figura 18. Biplot de AMMI para los datos de días a floración masculina, mostrando el primer componente principal (CP1) y los días promedio de floración de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba

La proporción explicada de la suma de cuadrado de la IGxA con 116 grados de libertad por CP1 es de 59.82 por ciento y la proporción explicada de la suma de cuadrados de la IGxA por CP2 es de 17.73 por ciento, de manera que, usando estos dos primeros componentes, considerando su proporción acumulada de Suma de Cuadrados de IGxA igual a 77.55 por ciento, permite inferencias con una alta confianza para la interpretación de biplots generados por AMMI1 y AMMI2. En la Figura 18, se puede identificar que el eje horizontal (eje de las abscisas) representa el CP1, mientras que el eje vertical (eje de las coordenadas) representa la media de días a floración masculina (90.25 días). Los seis genotipos con mayor número de días a floración masculina promedio según la Figura 18 en orden descendente son: H₃₀(EXP-05) H₂₉(PM-213), H₅(6x1), H₁₆(23x20), H₂₁(31x28) y H₁₁(15x11) con promedios de 94, 94, 92, 92, 92 y 92 días, respectivamente.

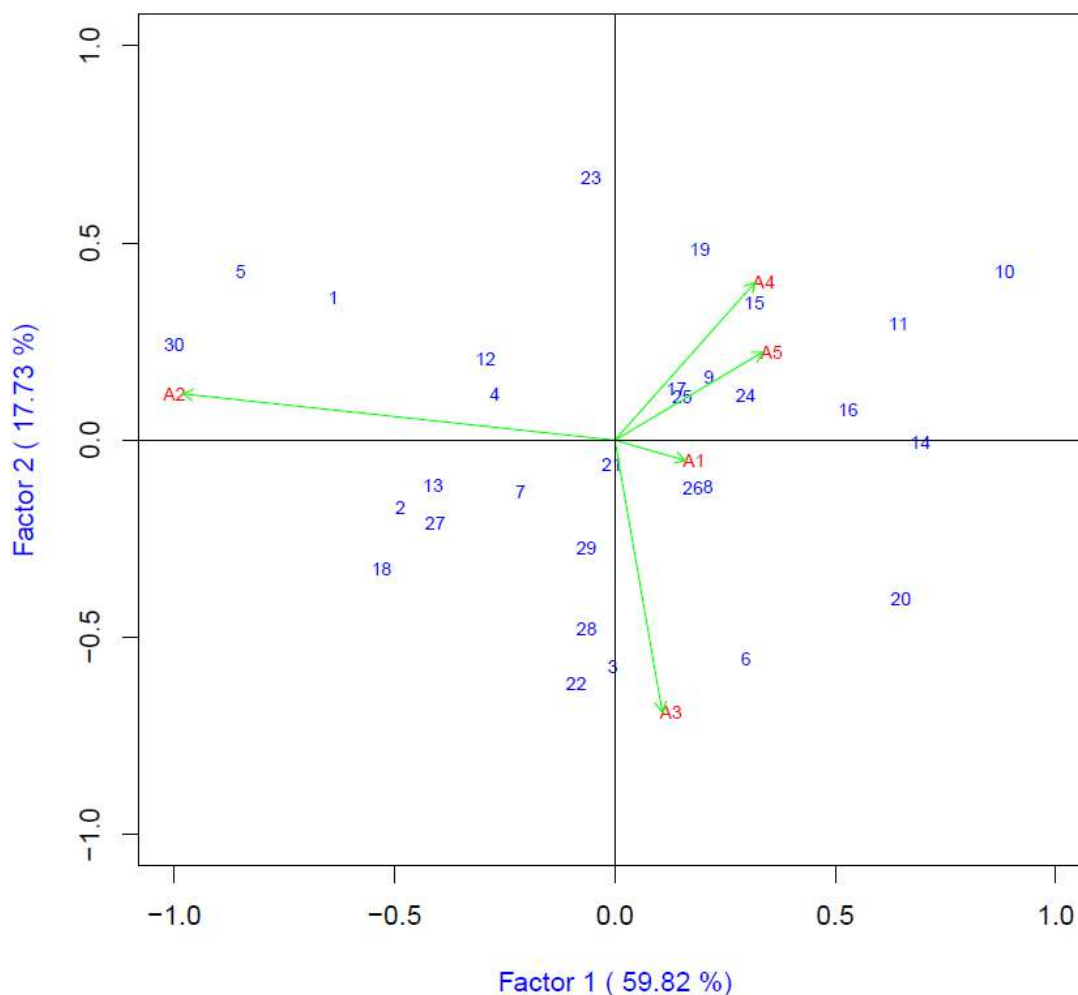


Figura 19. Biplot de AMMI con los dos primeros componentes principales de interacción (CP1 y CP2) para los datos de días a floración masculina de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba

La Tabla 22 con la prueba DMS al 5 por ciento y el biplot de la Figura 18 coinciden en que el ambiente A3(La Molina-2017) con un promedio de 99.89 días es el que tuvo un mayor número de días a floración masculina y el que menor días a floración obtuvo es el ambiente A5(La Molina-2019) con un promedio de 83.50 días. Los seis genotipos con menor número de días a floración masculina promedio en orden descendente son: H₁₀(14x11), H₂₄(37x35), H₂₈(47x46), H₄(5x1), H₂₅(38x35) y H₁₅(22x20) con promedio de 89, 88, 88, 88, 87 y 87 días, respectivamente. Los genotipos que están cerca al eje de abscisas (H₃₀, H₂₁, H₂₈ y H₂₃) indican que están menos influenciado por la IGxA.

Los genotipos H₂₁, H₃, H₂₃ y H₂₂ son los más cercanos al origen, por tanto, son los más estables según el biplot de la Figura 18, es decir, son los híbridos que mantuvieron su comportamiento de floración masculina a través de los ambientes. Los híbridos que

aportaron más a la IGxA fueron: H₃₀, H₁₈, H₁₅, H₁₀ y H₁₁. En cuanto a los ambientes según el biplot de la Figura 19, se observa que A1(La Molina-2016), A5(La Molina-2019) y A4(La Molina-2018) son ambientes que presentaron menor interacción, considerándose como los ambientes más estables porque están cercano al origen de los ejes, por el contrario de A3(La Molina-2017) y A2(Oxapampa-2016) si contribuyeron a la interacción y por tal razón, logran discriminar mejor a los híbridos.

El ambiente A2 tiene asociación negativa con los ambientes A4, A5 y A3 debido a que tiene ángulos mayores a 90°, asimismo, A3 con A4 que tienen asociación negativa. Los ambientes A1 con A5 y A4 si tiene asociación positiva es decir son ambientes que pueden ser similares y que los genotipos podrán tener un comportamiento en cuanto a días floración masculina similar si dependiera de las condiciones del entorno. Los genotipos H₂₆ y H₈ están fuertemente asociados al ambiente A1, asimismo los genotipos H₉, H₂₄, H₁₇, H₂₅, H₁₅ y H₁₉ están asociados a los ambientes A5 y A4, es decir, en estos ambientes estos genotipos tienen un comportamiento similar. Los genotipos H₃₀, H₅ y H₁ están asociados con el ambiente A2 y finalmente los genotipos H₆ y H₃ tiene una fuerte asociación con el ambiente A3.

4.3.6. Días a floración femenina (Ffem)

Tabla 42. ANOVA del modelo AMMI para días a floración femenina de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	(%) de SC
Ambientes	4	16055.724	4013.931**	87.58
Genotipos	29	1775.858	61.236**	9.69
IG x A	116	501.476	4.323**	2.74
PC1	32	213.037	6.657**	51.21
PC2	30	79.953	2.665**	19.22
PC3	28	67.757	2.420**	16.29
PC4	26	55.293	2.127*	13.29
Error	215	312.004	1.451	
CV (%)	1.30			
Media Gral.	92.40			

*=significativo al nivel de 5 por ciento ($P \leq 0.05$); **=altamente significativo al nivel de 1 por ciento ($P \leq 0.01$); PC1= Primer componente principal 1; PC2= Segundo componente principal; PC3=Tercer componente principal; CP4= Cuarto Componente principal; IGxA=Interacción genotipo x ambiente; CV (%) = Coeficiente de variación.

En la tabla anterior se observan los resultados del análisis de varianza del modelo AMMI para la variable días a floración femenina, y muestra que los primeros cuatro componentes

principales mostraron significación estadística según la prueba de Gollob (1968), de tal manera que puede explicarse casi en su totalidad el efecto de la interacción genotipo x ambiente (IGxA). Sin embargo, los dos primeros componentes se combinan para generar el biplot AMMI1 de la Figura 21 y (CP1 y CP2) y el CP1 con la variable días a floración femenina (FFEM) para generar el biplot AMMI2 de la Figura 20.

La proporción explicada de la suma de cuadrado de la IGxA con 116 grados de libertad por CP1 es de 51.21 por ciento y la proporción explicada de la suma de cuadrados de la IGxA por CP2 es de 19.22 por ciento, de manera que, usando estos dos primeros componentes, considerando su proporción acumulada de suma de cuadrados de IGxA igual a 70.42 por ciento, permite inferencias con una alta confianza para la interpretación de biplots generados por AMMI1 y AMMI2.

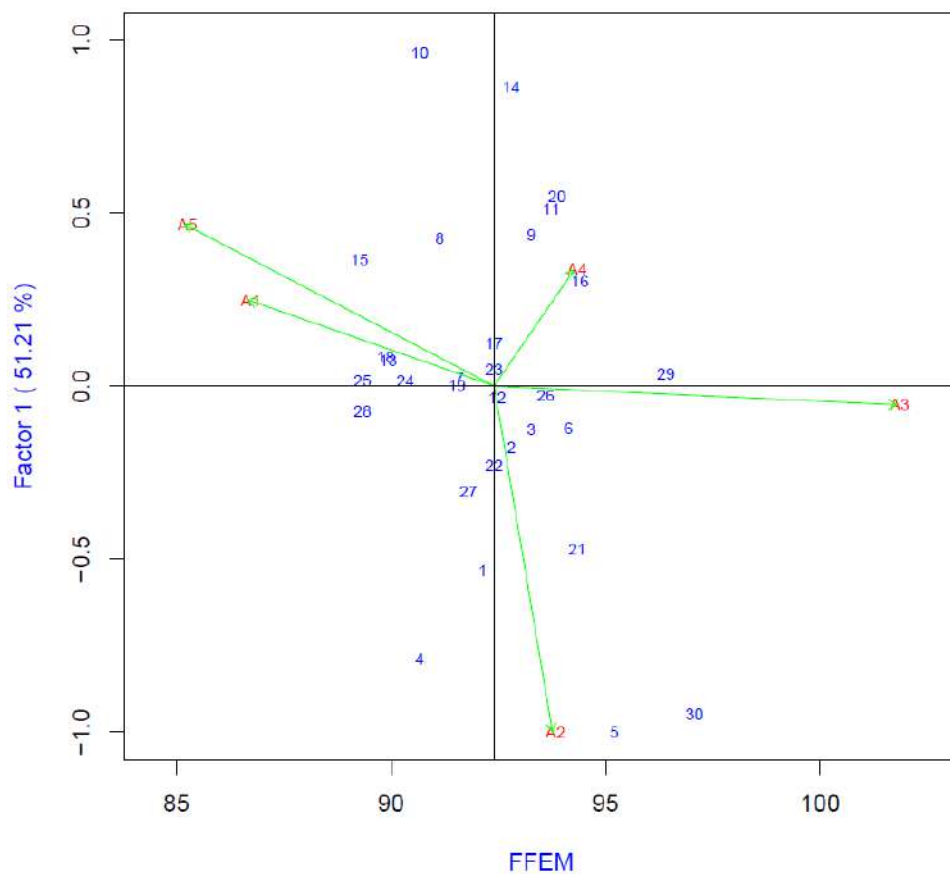


Figura 20. Biplot de AMMI para los datos de días a floración femenina, mostrando el primer componente principal (CP1) y los días promedio de floración de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba

En la figura anterior se puede identificar que el eje horizontal (eje de las abscisas) representa el CP1, mientras que el eje vertical (eje de las coordenadas) representa la media de días a

floración femenina (91.40 días). Los seis genotipos con mayor número de días a floración femenina según la Figura 20 en orden descendente son: H₃₀(EXP-05), H₂₉(PM-213), H₅(6x1), H₁₆(23x20), H₂₁(31x28) y H₆(7x1), con promedio de 97, 96, 95, 94, 94 y 94 días, respectivamente. La Tabla 24 con la prueba DMS al 5 por ciento y el biplot de la Figura 20 coinciden en que el ambiente A3(La Molina-2017) con un promedio de 101.86 días es el que tuvo un mayor número promedio de días a floración femenina y el que menor ambiente que obtuvo menor días a floración es el ambiente A5(La Molina-2019) con un promedio de 85.26 días.

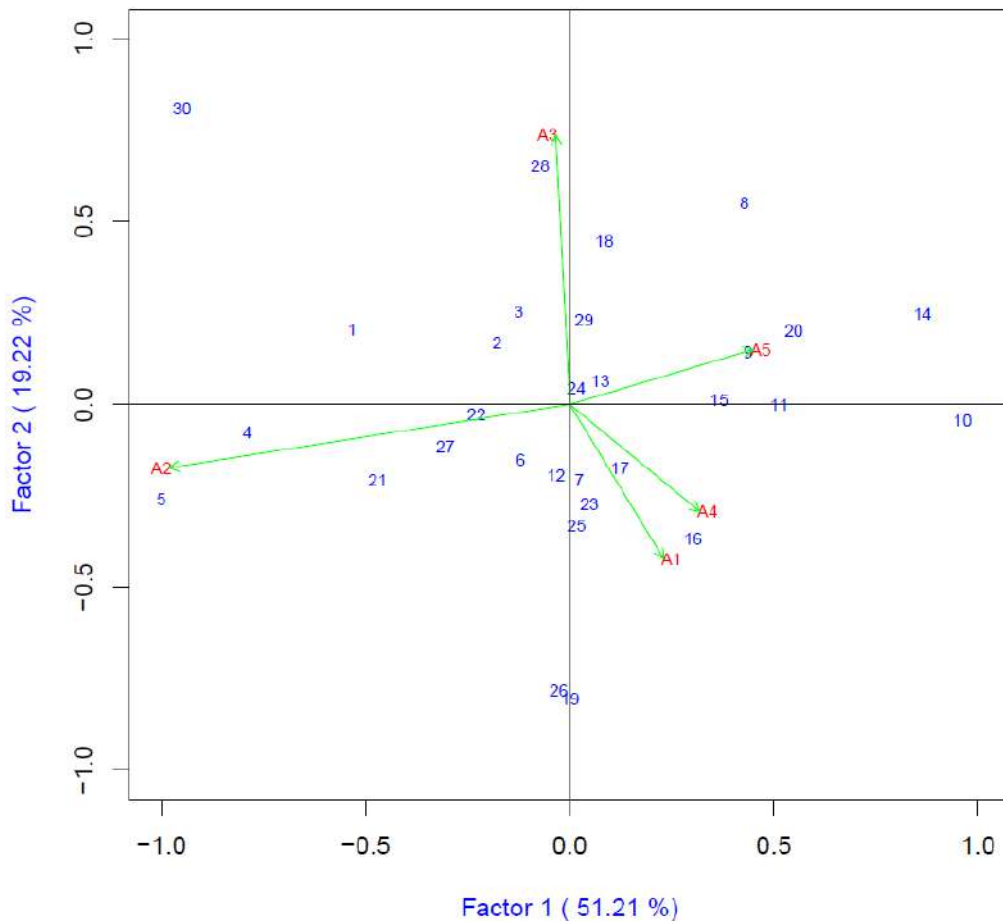


Figura 21. Biplot de AMMI con los dos primeros componentes principales de interacción (CP1 y CP2) para los datos de días a floración femenina de 30 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en los ambientes de prueba

Los seis genotipos con menor número de días promedio a floración femenina en orden descendente son: H₂₄(37x35), H₁₃(17x11), H₁₈(25x20), H₂₈(47x46), H₂₅(38x35) y H₅(22x20) con promedio de 90, 90, 90, 89, 89 y 89 días, respectivamente. Los genotipos que están cerca al eje de abscisas (H₁₂, H₂₃, H₇, H₂₃ y H₁₉) indican que están menos influenciado por la IGxA. Los genotipos H₂₄ y H₁₃ son los más cercanos al origen, por tanto, son los más estables según

el biplot de la figura anterior, es decir, son los híbridos que mantuvieron su comportamiento de floración femenina a través de los ambientes. Los híbridos que aportaron más a la IGxA fueron: H₁₄, H₂₉, H₃₀, H₅, H₄, y H₁₀. En cuanto a los ambientes en el biplot de la Figura 21 se observa que A1(La Molina-2016), A5(La Molina-2019) y A4(La Molina-2018) son ambientes que presentaron menor interacción, considerándose como los ambientes más estables porque están cercano al origen de los ejes, por el contrario de A3(La Molina-2017) y A2(Oxapampa-2016) si contribuyeron a la interacción y por tal razón, logran discriminar mejor a los híbridos.

El ambiente A2 tiene asociación negativa con los ambientes A4 , A3 y A1 debido a que tiene ángulos mayores de 90°, el ambiente A3 tiene asociación negativa con A4 y A1 debido a que también tiene ángulos mayores a 90°, El ambiente A2 y A5 son opuestos ya que tiene un ángulo cercano a 180° en cambio el ambiente A5 tiene asociación positiva con A3, A4 y A41, es decir son ambientes que pueden ser similares y los genotipos podrán tener un comportamiento en cuanto a días a floración femenina similar si dependiera de las condiciones del entorno.

Los genotipos H₂₅, H₂₃, H₁₆, H₇ y H₁₇ están fuertemente asociados a los ambientes A1 y A4, es decir, en estos ambientes estos genotipos tienen un comportamiento similar, asimismo, los genotipos H₉, H₂₀, H₁₅, H₁₁, H₁₄ y H₈ están asociados al ambiente A5. Los genotipos H₂₈ y H₃ están asociados con el ambiente A3 y finalmente los genotipos H₅, H₄ y H₂₁ tiene una fuerte asociación con el ambiente A2.

La variación resultante por las condiciones de cada ambiente, los genotipos y la interacción genotipo x ambiente, en la característica de rendimiento de grano, indica que los ambientes de prueba dan su mayor contribución al ser muy variables, estos resultados concuerdan con Gordón-Mendoza *et al.* (2018) quien informa que existe diferencia altamente significativa entre ambientes y variedades para la variable de rendimiento.

El modelo Eberhart y Russell resultó significativo para la interacción genotipo x ambiente en la variable rendimiento, es decir estos genotipos tiene un comportamiento distinto en los ambientes, reportando que el 56.66 por ciento de los genotipos evaluados no son estables, esto nos indica que hay diferencias en el comportamiento de rendimiento en los genotipos y es similar a lo descrito por Aguado (2012), quien identificó el 75 por ciento de los genotipos evaluados como no estables.

Tanto Eberhart y Russell como el modelo AMMI caracterizaron al genotipo H21 con promedio de (8.226 t ha⁻¹) como estable para la variable rendimiento de grano, con un rendimiento promedio superior al promedio de todos los genotipos en todos los ambientes (Rdto > 7.810 t ha⁻¹) esto concuerda con Amzeri *et al.* (2020) quienes identificaron genotipos superiores al promedio de los genotipos y estables en las dos metodologías para esta variable.

Para la interacción genotipo x ambiente en las variables altura de planta (Altp), días a floración masculina (Fmas) y femenina (Ffem) según el modelo Eberhart y Russell no hay diferencias estadísticas significativas, esto indica que esta variable tiene un comportamiento similar en los ambientes de prueba. Los resultados en la variable altura de planta concuerdan con García (2018), que reporta la no significancia estadística significativa para esta variable. Los resultados de las variables días a floración masculina y femenina concuerdan con lo reportado por Sánchez-Ramírez *et al.* (2020) quienes indican que no hubo significancia estadística ($p \leq 0.01$) en su interacción (Gen x Loc); es decir, que la expresión de los genotipos presentó el mismo ordenamiento en cada localidad.

El análisis univariado basado en regresión lineal de Eberhart y Russel solo explica los componentes lineales y pasan por alto la variación producida por componentes no lineales (Widyastuti *et al.* 2013). Tal situación es abordada con el modelo AMMI, por lo cual en la variable rendimiento, los ambientes, genotipos e interacción genotipo x ambiente capturaron el 62.98, 17.34 y el 19.68 por ciento, respectivamente. La significación estadística ($P < 0.01$) para la IGxA en la variable rendimiento justifica la realización de una representación en biplot en los que los componentes principales CP1 y CP2 explican un 60.23 y 18.32 por ciento, respectivamente.

Estos resultados concuerdan con Pérez-Ruiz *et al.* (2016), quienes reportaron que el modelo AMMI mostró diferencias significativas para ambientes, genotipos e interacción GxA, siendo similar a lo obtenido en el ANVA; estos resultados confirman la existencia de fuerte variación de las condiciones ambientales entre fechas de siembra y años de prueba, asimismo con López-Morales *et al.* (2019) quienes informan que la significancia estadística ($P < 0.05$) para la interacción genotipo x ambiente, demuestra que las medias de rendimiento no fueron estadísticamente iguales en los ambientales.

V. CONCLUSIONES

- El híbrido H₂₁(31x28) es considerado como estable de acuerdo a las metodologías de estabilidad Eberhart y Russell (AE-R) y AMMI para rendimiento de grano.
- El ambiente que discrimina mejor a los genotipos de acuerdo al modelo AMMI para rendimiento de grano, altura de planta, altura de mazorca, inserción de mazorca, días a floración masculina y femenina es el ambiente A2 (Oxapampa-2016).
- En la variable altura de planta (Altp) según AE-R los híbridos con igual estabilidad son H₁₂, H₁₃, H₁₇ y H₂₆ y en el modelo AMMI el híbrido estable es H₂₈. En altura de mazorca (Amz) según AE-R los híbridos con igual estabilidad son H₆ y H₂₃ y según el modelo AMMI es el híbrido H₂₈. En inserción de mazorca (Imz) según AE-R los híbridos con igual estabilidad son H₈ y H₂₃ y según el modelo AMMI son H₁₁ y H₂₈. En días a floración masculina (Fmas) según el AE-R los híbridos con igual estabilidad son H₁₇, H₂₁ y H₂₅ y según el modelo AMMI es el híbrido H₂₁. Finalmente, para días a floración femenina (Ffem) según AE-R los híbridos con igual estabilidad son H₇, H₁₆, H₁₇, H₁₈ y H₂₃ y según el modelo AMMI son H₂₄ y H₁₃.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar análisis de interacción IGxA empleando metodologías como GGE biplot, que permita la identificación de subgrupos de ambientes, la interrelación entre genotipos y entre ambientes y clasificarlos.
- Incrementar el número de localidades para identificar si los genotipos estables en esta investigación pueden recomendarse ampliamente.
- Realizar estudio de estabilidad y adaptación de características bioquímicas y de calidad de grano asociados a la resistencia y/o tolerancia a estreses bióticos y abiótico en diferentes ambientes.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, R.A. 2014. Rentabilidad del maíz Bt resistente a cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en los valles de Barranca en la región de Lima. (Tesis de Pregrado) Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Aguado, G.E. 2012. Comparación de tres métodos de evaluación de adaptabilidad y estabilidad AMMI, Eberhart & Russell y Shukla en ocho poblaciones de maíz amarillo (*Zea mays* L.) en cuatro localidades del departamento de Nariño. (Tesis de maestría) Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia.
- Allard, R.W. 1980. Principios de la mejora genética de las plantas. Ediciones Omega. España. Pág. 232.
- Amzeri, A; Daryono, B. S; Syafii, M. 2020. Genotype by environment and stability analyses of dryland maize hybrids. SABRAO J. Breed. Genet, 52(4), 355-368.
- Arunkumar, B; Gangapp, E; Ramesh, S; Savithramma, D. L; Nagaraju, N; Lokesha, R. 2020. Stability Analysis of Maize (*Zea mays* L.) Hybrids for Grain Yield and Its Attributing Traits Using Eberhart and Russel Model.
- Barandiarán Gamarra, M. Á. (2020). Manual Técnico del Cultivo de Maíz Amarillo Duro.
- Borém, A; Condori, M; Miranda, G.V. 2008. Mejoramiento de Plantas. Editora UFV Universidad Federal de Viosa, Viosa, Brasil.
- Borém, A; Miranda, G. V; Fritsche-Neto, R. 2021. Melhoramento de plantas. Oficina de Textos.
- Bos, I. 2008. Selection methods in plant breeding. Springer-Verlag, Dordrecht, the Netherlands.
- Brennan, P.S; Byth, D.E; Draker, D.W; De Lacy, I.H; Butler, D.G. 1981. Determination of the location and number of test environments for a wheat cultivar evaluation program. Austr. J. Res. 32:189–201.
- Caicedo, V; Ledesma, D; Villavicencio, L; Saltos, R; Alarcón, C. 2017. Environmental stability in hybrid maize using the AMMI model in the Ecuadorian coastline. Revista Espamciencia, 8(1), 23-32.

- Camarena, M.F; Ponce, D.D. 2017. Bases del análisis de experimentos genéticos aplicados al mejoramiento de plantas. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Camarena, M.F; Huaranga, J.A; Mostacero, N.E. 2010. Mejoramiento genético de especies del género *Phaseolus* mediante metodologías convencionales e innovadoras con el fin de incrementar producción y la oferta exportable del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) Primera Edición. Lima. Perú. 284 p.
- Chura Chuquiya, J; Huanuqueño Coca, E. H. 2015. Comportamiento de ocho poblaciones de maíz amarillo (*Zea mays* L.) en cruzas con un probador. Anales Científicos, 76(1), Pág. 78–86.
- Ciba-Geigy. 1979. Maize: Ciba-Geigy Agrochemicals Technical Monograph. Wisconsin-Madison, USA. 105 pág.
- Contreras, J. J; y Barzola, O. R. 2006. Determinación y aplicación de métodos estadísticos, para medir estabilidad genética en vegetales, caso: banano (Doctoral dissertation, Tesis de Grado Ingeniero en Estadística Informática. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)).
- Crossa, J; Gauch, H. G; Zobel, R.W. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. Crop Sci. 30:493-500.
- Cochran, W.G; Cox, G.M. 1957. Experimental Designs, second ed. Wiley, New York, 346–354.
- Córdova, H. S. 1991. Estimación de parámetros de estabilidad para determinar la respuesta de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) a ambientes contrastantes de Centro América Panamá y México. Agronomy Mesoamerican, 01-10.
- Cubero, J.I. 2013. Introducción a la mejora genética vegetal. 3ra edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. Pág. 233.
- Cubero, J.I; Flores, F. 1998. Métodos estadísticos para el estudio de la estabilidad varietal en ensayos agrícolas. 2^{da} edición. Editorial Junta de Andalucía. España.
- Duarte, J. B; Vencovsky, R. 1999. Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise "AMMI". Série Monografias. Sociedade Brasileira de Genética, (9).
- Eberhart, S.A; Russell, W.A. 1966. Stability Parameters for Comparing Varieties. Crop Science, 6, 36-40.
- Esaú, K. 1977. Anatomy of seed plants. Segunda edición. New York, USA.
- Fan, X.M; Kang M.S; Chen, H; Zhang, Y; Tan J; Xu, C. 2007. Yield Stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China. Agronomy Journal 99: 220-228.
- Fassio, A; Carriquiry, A. I; Tojo C; Romero, R. 1998. Maíz: Aspectos sobre fenología. Montevideo. Uruguay: Agropecuaria hemisferio sur S.R.L.

- Feldman, L. 1994. The maize root. *in* M. Freeling & v. Walbot, eds. The maize handbook, p. 29-37. New York, NY, USA.
- Ferraudo, G; Perecin, D. 2014. Mixed Model, AMMI and Eberhart-Russel Comparison via Simulation on Genotype \times Environment Interaction Study in Sugarcane. *Applied Mathematics*, 5, 2107-2119. doi: 10.4236/am.2014.514205.
- Finlay, K.W; Wilkinson, G.N. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Australian journal of agricultural research*, 14(6), 742-754.
- Gami, R.A; Patel, J.M; Chaudhar, S.M; Chaudhary, G.K. 2017. Genotype-environment relations and stability analysis in different land races of maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 6(8):418-424.
- García, V.M. 2018. Habilidad combinatoria y heterosis en cruza de maíz (*Zea mays* L.) amarillo duro en la localidad de La Molina. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis posgrado. Lima, Perú.
- García-Mendoza, P. J; Pérez-Almeida, I. B; Prieto-Rosales, G. P; Medina-Castro, D. E; Manayay Sánchez, D; Marín-Rodríguez, C. A; Ricse Nestares, J. C; Ortecho Llanos, R; Medina-Hoyos, A. E. 2021. Interacción genotipo ambiente y potencial productivo de 25 variedades de maíz amiláceo en la provincia de Tayacaja, Perú. *Bioagro*, 33(2), 67-78.
- Gauch Jr, H. G; Piepho, H. P; Annicchiarico, P. 2008. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE: Further considerations. *Crop science*, 48(3), 866-889.
- Gauch Jr, H.G. 1992. Statistical analysis of regional yield trials: AMMI analysis of factorial designs. Publishers Elsevier Science, New York, Now York. 278 pág.
- Gollob, H.F. 1968. A statistical model which combines features of factor analytic and analysis of variance techniques. *Psychometrika*. v. 33, n. 1, p. 73-115.
- González, A; Pérez, D.D. J; Sahagún, J; Franco, O; Morales, E. J; Rubí, M; Balbuena, A. 2010. Aplicación y comparación de métodos univariados para evaluar la estabilidad en maíces del Valle Toluca-Atacomulco, México. *Agronomía Costarricense*, 34(2), 129-143.
- Gordón-Mendoza, R; Franco-Barrera, J; Núñez-Cano, J; Jaén-Villarreal, J; Sáez-Cigarruista, A; Ramos-Manzané, F; Ávila-Guevara, A. 2018. VARIEDADES DE MAÍZ EN LA REGIÓN DE AZUERO, PANAMÁ-2017. *Ciencia Agropecuaria*, (28), 117-131.
- Gutierrez, J.C; M. Lopez; K.M. El-Zik. 1994. AMMI (additive main effects and multiplicative interactions analysis): A tool to determine adaptability of upland cotton genotypes in Spain, Cotton Improvement Conference, Beltwide Cotton Conf. Proc., 2:688-689.
- Holle Ostendorf, M; Sevilla Panizo, R. (2004). Recursos genéticos vegetales. Lima, Peru: Luis León Asociados.

- Kang, M.S. 1990. Understanding and utilization of genotype by environment interaction in plant breeding. Symposium in: Genotype by environment interaction and plant breeding. Louisiana State University, Agricultural Center. Page 65.
- Kang, M.S. 1998. Using genotype-by-environment interaction for crop cultivar development. *Advances in Agronomy* 62: 199-252.
- López, M. 1995. Fitomejoramiento, editorial Trillas, S. A. de C.V. Distrito Federal. México.
- López-Morales, F; Chura-Chuquiya, J; García-Pando, G. (2019). Interacción genotipo por ambiente del rendimiento de maíz amarillo en híbridos trilineales, Perú. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(4), 859-872.
- MacRobert, J.F; Setimela, P.S; Gethi, J; Worku, M. 2014. Manual de producción de semilla de maíz híbrido. México, D.F.: CIMMYT.
- Mandel, J. 1971. A new analysis of variance model for non-additive data. *Technometrics* 13:1-18.
- Manrique, C.P.A. 1997. El maíz en el Perú. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). Lima, Perú. 362 p.
- Márquez-Sánchez, F. 1991. Genotécnica vegetal: métodos, teoría, resultados. AGT Editor. México. Vol. 3. 500 p.
- McClintock, B; Kato, T; Blumenschein, A. 1981. Constitución Cromosómica de las razas de maíz. Chapingo, México.
- Mendoza, P.J.G; Sánchez, D.M; Castro, D.E.M; Llanos, R. O; Rosales, G.P.P. 2021. Uso del modelo AMMI para el análisis de la interacción genotipo ambiente en variedades de maíz amiláceo de Tayacaja, Perú.
- Ministerio de Agricultura y Riego MINAGRI. 2018. Plan Nacional de Cultivos sobre la base de las potencialidades y prioridades productivas nacionales y regionales.
- Ministerio de Agricultura y Riego MINAGRI. 2019. Observatorio de Commodities: Maíz Amarillo Duro. Recuperado de www.minagri.gob.pe
- Municipalidad Provincial de Oxapampa. 2010. Plan De Desarrollo Concertado De La Provincia De Oxapampa 2009-2021. Recuperado de: www.munioxapampa.gob.pe
- Raj, R. N; Devi, C. P; Gokulakrishnan, J. 2019. G× E interaction and stability analysis of maize hybrids using Eberhart and Russell model. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 12(1), 1-6.
- Ortigoza, J; Talavera, C.A; González J.D. 2019. Guía técnica de cultivo de maíz. San Lorenzo, Paraguay.
- Paliwal, R.L. 2001. El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. Roma. Italia.

- Pérez-Ruiz, J; Zamora-Díaz, M; Mejía-Contreras, J; Hernández-Livera, A; Solano-Hernández, S. 2016. Estabilidad del rendimiento de grano en cebada maltera en el Bajío, México. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 32(1), 12-19.
- Pezo Sánchez, C. A. 2022. Adaptación de cultivares híbridos de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en la Estación Experimental El Porvenir, distrito de Juan Guerra, departamento de San Martín. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, Tarapoto, Perú.
- Patil, S. N; Duppe, M. V; Bachkar, R. M. 2020. Stability analysis in maize (*Zea mays* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 11(02), 382-385.
- Poehlman, J. M; Sleeper, D. A. 2003. Mejoramiento genético de las cosechas. Editorial Limusa, S. A. México.
- Posada, C. 2018. Producción de maíz amarillo duro no cubre la demanda local. La Cámara. Disponible en <https://apps.camaralima.org.pe>
- Prado, M; Anzaldo, J; Becerra, B; Palacios, H; Vargas de Jesús, J; Rentería, M. 2012. Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta. *Madera y Bosques* 18(3) Guadalajara Jalisco, México. pag37-51
- Programa de Investigación y Proyección Social en Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina s. f. Manual de maíz. Lima. Perú. Pág. 24
- Randolph, L. F. 1932. The chromosomes of haploid maize with special reference to the double nature of the univalent chromosomes in the early meiotic prophase. *Science* 75: 566-567.
- Raven, P.H; Evert, R.F; Eichhorn S.E. 2015. Biología de las plantas. Tomo II. Editorial Reverté. Barcelona, España. Pág. 421.
- Ritchie, S.W; Hanway, J.J. 1982. How a corn plant develops. Cooperative extensión service Ames, Iowa. Iowa. USA. Special report N ° 48.
- Robles, R. 1986. Genética elemental y fitomejoramiento práctico. Editorial Limusa, S. A. de C.V. Distrito federal, México. Pág. 477.
- Sánchez, G.J.J. 2011. Diversidad del Maíz y el Teocinte. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Manuscrito. Documento revisado por Hugo Perales (ECOSUR) y Fernando Castillo (COLPOS).
- Sánchez-Ramírez, F.J; Mendoza-Castillo, M; Mendoza-Mendoza, C. G. 2020. Evaluación de mestizos y uso de técnicas multivariadas para identificar líneas sobresalientes de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(2), 433-436.
- Sevilla, R. 2017. Sistematización y Edición Temática de la Publicación Sobre la Línea de Base de la Diversidad Genética del Maíz Peruano con Fines de Seguridad. Ministerio de Ambiente: Lima, Perú.

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI. 2016. Datos – Mapas. Recuperado de <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/184>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI. 2017. Datos – Mapas. Recuperado de <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/184>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI. 2018. Datos – Mapas. Recuperado de <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/184>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI. 2019. Datos – Mapas. Recuperado de <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/184>
- Shafii, B. and W.J. Price. 1998. Analysis of genotype-by-environment interaction using the Additive Main Effects and Multiplicative Interaction model and stability estimates, *J. Agric. Biol. Environ. Stat.*, 3:335–345.
- Solorzano, V. E. 2007. Guías fenológicas de los cultivos básicos. Editorial Trillas. México.
- Steel, R; Torrie R. 1980. Principles and procedure of statistics. 2^{da}. Ed. McGraw-Hill. New York. Pág. 633.
- Tonk, F.A; Ilker, E; Tosun, M. 2011. Evaluation of genotype x environment interactions in maize hybrids using GGE biplot analysis. *Crop Breed. Appl. Biotechnol.* 11: 1-9.
- United States Department of Agriculture, USDA. 2019. Aumentando los niveles de vitamina A en maíz para combatir el hambre mundial. *Agricultural Research*.
- Urbina, A. R. 2015. Control de Calidad en la Producción ‘Tradicional’ y ‘No Convencional’ de Semilla de Variedades de Maíz (*Zea mays* L.) de Polinización Libre. Cali-palmira. Colombia.
- Urruty, N; Tailliez-Lefebvre, D; Huyghe, C. 2016. Stability, robustness, vulnerability and resilience of agricultural systems. A review. *Agron Sustain Dev* 36(1):15. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0347-5>
- Vallejo Cabrera, F.A; Espitia Camacho, M.M; Lagos Burbano, T.C; Checa Coral, O.E; Salazar Villareal, F.A; Restrepo Salazar, E.F. 2005. Análisis estadístico para los diseños genéticos en fitomejoramiento. Editorial UN.
- Vallejo, F.A; Estrada, E.I. 2002. Mejoramiento Genético de Plantas. Impreso en los talleres gráficos de Impresora Feriva S.A. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Colombia.
- Vargas-Escobar, E. A; Vargas-Sánchez, J. E; Baena-García, D. 2016. Análisis de estabilidad y adaptabilidad de híbridos de maíz de alta calidad proteica en diferentes zonas agroecológicas de Colombia. *Acta Agronómica*, 65(1), 72–79.
- Vázquez-Carrillo, M. G; Martínez-Gutiérrez, A; Zamudio-González, B; Espinosa-Calderón, A; Tadeo-Robledo, M; Turrent Fernández, A. 2020. Estabilidad de rendimiento y características fisicoquímicas de grano de híbridos de maíz en Valles Altos de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(8), 1803-1814.

- Widyastuti, Y; Satoto, R.I; Rumanti, A. 2013. The application of regression analysis and AMMI to evaluate the stability of rice genotype and interaction effect between genotype and environment. *J. Informatika Pertanian*, 22(1), 21-27.
- Zambrano, E.E; Limongi, J.R; Cobená, F.D; Villavicencio, J.P; Caicedo, M.B; Eguez, J.F; Zambrano, J.L. 2017. Interacción genotipo ambiente de híbridos de maíz bajo temporal en Manabí y los ríos, Ecuador. *Revista EspamCiencia*. Volumen 8, Número 1. Ecuador.
- Zobel, R; Wright, M; Gauch H. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agron J.* 80:388-393.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Cuadros de Análisis de Varianza de Diseño Látice Rectangular triple 5x6 para la variable Rendimiento en grano en los diferentes ambientes. FV = Fuente de variación, g.l = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrados medios, Fcal = F calculado, Ftab = F tabulado, BI = Bloques incompletos, CV (%) = coeficiente de variación.

A1 = La Molina - 2016

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	3.8882	1.9441	2.1897	3.2145	5.1356	0.124275505
Genotipos (Sin ajustar)	29	92.1871	3.1789	3.5805	1.7313	2.1782	7.83549E-05
BI (ajustados)	15	38.6192	2.5746	2.8999	1.9059	2.4854	0.003188311
Error intra-bloque	43	38.1761	0.8878				
Total	89	172.8705	1.9424				
CV (%)	13.46						
Promedio	7.00						

A2 = Oxapampa - 2016

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	3.7306	1.8653	2.0230	3.2145	5.1356	0.144659256
Genotipos (Sin ajustar)	29	205.9460	7.1016	7.7019	1.7313	2.1782	1.84519E-09
BI (ajustados)	15	52.2308	3.4821	3.7764	1.9059	2.4854	0.000312647
Error intra-bloque	43	39.6483	0.9221				
Total	89	301.5557	3.3883				
CV (%)	8.85						
Promedio	10.85						

A3 = La Molina - 2017

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	7.6919	3.8459	4.6014	3.2145	5.1356	0.015457978
Genotipos (Sin ajustar)	29	182.6086	6.2968	7.5337	1.7313	2.1782	2.62261E-09
BI (ajustados)	15	35.7687	2.3846	2.8530	1.9059	2.4854	0.003625022
Error intra-bloque	43	35.9402	0.8358				
Total	89	262.0095	2.9439				
CV (%)	11.34						
Promedio	8.06						

A4 = La Molina - 2018

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	49.1480	24.5740	24.8881	3.2145	5.1356	6.60203E-08
Genotipos (Sin ajustar)	29	224.4694	7.7403	7.8393	1.7313	2.1782	1.39023E-09
BI (ajustados)	15	44.6791	2.9786	3.0167	1.9059	2.4854	0.002320579
Error intra-bloque	43	42.4573	0.9874				
Total	89	360.7537	4.0534				
CV (%)	12.47						
Promedio	7.97						

A5 = La Molina - 2019

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	1.6016	0.8008	1.8888	3.2145	5.1356	0.163592373
Genotipos (Sin ajustar)	29	193.3966	6.6688	15.7288	1.7313	2.1782	7.55905E-15
BI (ajustados)	15	6.3450	0.4230	0.9977	1.9059	2.4854	0.474803035
Error intra-bloque	43	18.2315	0.4240				
Total	89	219.5748	2.4671				
CV (%)	12.60						
Promedio	5.17						

Anexo 2. Cuadros de Análisis de Varianza de Diseño Láctice Rectangular triple 5x6 para la variable altura de planta en los diferentes ambientes. FV = Fuente de variación, g.l = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadros medios, Fcal = F calculado, Ftab = F tabulado, BI = Bloques incompletos, CV (%) = coeficiente de variación.

A1 = La Molina - 2016

FV	g.l	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	3556.1769	1778.0884	15.8017	3.2145	5.1356	7.16557E-06
Genotipos (Sin ajustar)	29	29288.5072	1009.9485	8.9753	1.7313	2.1782	1.51982E-10
BI (ajustados)	15	2018.6821	134.5788	1.1960	1.9059	2.4854	0.311205945
Error intra-bloque	43	4838.5677	112.5248				
Total	89	39701.9339	446.0891				
CV (%)	5.77						
Promedio	183.96						

A2 = Oxapampa - 2016

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	1621.0569	810.5284	10.5802	3.2145	5.1356	0.00018337
Genotipos (Sin ajustar)	29	38548.9822	1329.2752	17.3516	1.7313	2.1782	1.2084E-15
BI (ajustados)	15	7139.7444	475.9830	6.2132	1.9059	2.4854	1.1459E-06
Error intra-bloque	43	3294.1454	76.6080				
Total	89	50603.9289	568.5835				
CV (%)	4.40						
Promedio	198.89						

A3 = La Molina - 2017

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	1812.1876	906.0938	12.2824	3.2145	5.1356	6.0335E-05
Genotipos (Sin ajustar)	29	33472.5796	1154.2269	15.6460	1.7313	2.1782	0.0000000
BI (ajustados)	15	15916.6644	1061.1110	14.3838	1.9059	2.4854	3.8883E-12
Error intra-bloque	43	3172.1747	73.7715				
Total	89	54373.6062	610.9394				
CV (%)	4.07						
Promedio	210.84						

A4 = La Molina - 2018

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	4902.8987	2451.4493	16.8568	3.2145	5.1356	3.9339E-06
Genotipos (Sin ajustar)	29	34322.9023	1183.5484	8.1384	1.7313	2.1782	0.0000000
BI (ajustados)	15	9286.1210	619.0747	4.2569	1.9059	2.4854	9.3708E-05
Error intra-bloque	43	6253.4070	145.4281				
Total	89	54765.3290	615.3408				
CV (%)	5.74						
Promedio	209.97						

A5 = La Molina - 2019

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	1546.8722	773.4361	10.2906	3.2145	5.1356	0.00022285
Genotipos (Sin ajustar)	29	55585.5556	1916.7433	25.5023	1.7313	2.1782	0.0000000
BI (ajustados)	15	5855.2623	390.3508	5.1936	1.9059	2.4854	1.0328E-05
Error intra-bloque	43	3231.8654	75.1597				
Total	89	66219.5556	744.0400				
CV (%)	4.19						
Promedio	206.78						

Anexo 3. Cuadros de Análisis de Varianza de Diseño Látice Rectangular triple 5x6 para la variable altura de mazorca en los diferentes ambientes. FV = Fuente de variación, g.l = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrados medios, Fcal = F calculado, Ftab = F tabulado, BI = Bloques incompletos, CV (%) = coeficiente de variación.

A1 = La Molina – 2016

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	1045.2149	522.6074	10.5948	3.2145	5.1356	0.000181586
Genotipos (Sin ajustar)	29	9331.0516	321.7604	6.5230	1.7313	2.1782	2.45541E-08
BI (ajustados)	15	1282.4457	85.4964	1.7333	1.9059	2.4854	0.080007004
Error intra-bloque	43	2121.0528	49.3268				
Total	89	13779.7649	154.8288				
CV (%)	7.79						
Promedio	90.17						

A2 = Oxapampa – 2016

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	254.5340	127.2670	3.8460	3.2145	5.1356	0.029066341
Genotipos (Sin ajustar)	29	17902.7240	617.3353	18.6556	1.7313	2.1782	3.07515E-16
BI (ajustados)	15	1534.2077	102.2805	3.0909	1.9059	2.4854	0.001898606
Error intra-bloque	43	1422.9183	33.0911				
Total	89	21114.3840	237.2403				
CV (%)	6.01						
Promedio	95.68						

A3 = La Molina – 2017

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	439.4602	219.7301	4.3747	3.2145	5.1356	0.01864676
Genotipos (Sin ajustar)	29	16655.1182	574.3144	11.4343	1.7313	2.1782	0.0000000
BI (ajustados)	15	7017.4708	467.8314	9.3143	1.9059	2.4854	4.0609E-09
Error intra-bloque	43	2159.7756	50.2273				
Total	89	26271.8249	295.1890				
CV (%)	6.28						
Promedio	112.83						

A4 = La Molina – 2018

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	2413.2276	1206.6138	23.8026	3.2145	5.1356	1.0985E-07
Genotipos (Sin ajustar)	29	22249.5339	767.2253	15.1349	1.7313	2.1782	0.0000000
BI (ajustados)	15	1790.6096	119.3740	2.3549	1.9059	2.4854	0.014381
Error intra-bloque	43	2179.7829	50.6926				
Total	89	28633.1539	321.7208				
CV (%)	6.17						
Promedio	115.36						

A5 = La Molina - 2019

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	321.1709	160.5854	4.2925	3.2145	5.1356	0.01996646
Genotipos (Sin ajustar)	29	27609.7779	952.0613	25.4492	1.7313	2.1782	0.0000000
BI (ajustados)	15	2330.2996	155.3533	4.1527	1.9059	2.4854	0.00012118
Error intra-bloque	43	1608.6428	37.4103				
Total	89	31869.8912	358.0887				
CV (%)	5.52						
Promedio	110.77						

Anexo 4. Cuadros de Análisis de Varianza de Diseño Látice Rectangular triple 5x6 para la variable inserción de mazorca en los diferentes ambientes. FV = Fuente de variación, g.l = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadros medios, Fcal = F calculado, Ftab = F tabulado, BI = Bloques incompletos, CV (%) = coeficiente de variación.

A1 = La Molina – 2016

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	0.0016	0.0008	1.0141	3.2145	5.1356	0.37124144
Genotipos (Sin ajustar)	29	0.0534	0.0018	2.2680	1.7313	2.1782	0.00722339
BI (ajustados)	15	0.0262	0.0017	2.1548	1.9059	2.4854	0.0251038
Error intra-bloque	43	0.0349	0.0008				
Total	89	0.1162	0.0013				
CV (%)	5.82						
Promedio	0.49						

A2 = Oxapampa – 2016

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	0.00019	0.00009	0.24153	3.21448	5.13555	0.78648503
Genotipos (Sin ajustar)	29	0.14308	0.00493	12.76738	1.73135	2.17816	3.40013E-13
BI (ajustados)	15	0.00433	0.00029	0.74705	1.90585	2.48544	0.724395899
Error intra-bloque	43	0.01662	0.00039				
Total	89	0.16421	0.00185				
CV (%)	4.09						
Promedio	0.48						

A3 = La Molina – 2017

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	0.0007	0.0003	0.7539	3.2145	5.1356	0.476632569
Genotipos (Sin ajustar)	29	0.0754	0.0026	5.8649	1.7313	2.1782	1.19664E-07
BI (ajustados)	15	0.0155	0.0010	2.3328	1.9059	2.4854	0.015290498
Error intra-bloque	43	0.0191	0.0004				
Total	89	0.1107	0.0012				
CV (%)	3.95						
Promedio	0.53						

A4 = La Molina – 2018

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	0.0034	0.0017	2.7625	3.2145	5.1356	0.074352851
Genotipos (Sin ajustar)	29	0.1124	0.0039	6.3165	1.7313	2.1782	3.98947E-08
BI (ajustados)	15	0.0176	0.0012	1.9169	1.9059	2.4854	0.04850448
Error intra-bloque	43	0.0264	0.0006				
Total	89	0.1598	0.0018				
CV (%)	4.52						
Promedio	0.55						

A5 = La Molina - 2019

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	0.0006	0.0003	0.5868	3.2145	5.1356	0.56049498
Genotipos (Sin ajustar)	29	0.1002	0.0035	6.7304	1.7313	2.1782	1.52363E-08
BI (ajustados)	15	0.0098	0.0007	1.2731	1.9059	2.4854	0.260083479
Error intra-bloque	43	0.0221	0.0005				
Total	89	0.1326	0.0015				
CV (%)	4.24						
Promedio	0.53						

Anexo 5. Cuadros de Análisis de Varianza Diseño Látice Rectangular triple 5x6 para para la variable floración masculina en los diferentes ambientes. FV = Fuente de variación, g.l = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrados medios, Fcal = F calculado, Ftab = F tabulado, BI = Bloques incompletos, CV (%) = coeficiente de variación.

A1 = La Molina – 2016

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	3.267	1.633	1.336	3.214	5.136	0.27368775
Genotipos (Sin ajustar)	29	287.833	9.925	8.116	1.731	2.178	0.0000000
BI (ajustados)	15	80.815	5.388	4.406	1.906	2.485	6.5207E-05
Error intra-bloque	43	52.585	1.223				
Total	89	424.500	4.770				
CV (%)	1.30						
Promedio	84.83						

A2 = Oxapampa – 2016

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	14.4667	7.2333	6.0161	3.2145	5.1356	0.00496939
Genotipos (Sin ajustar)	29	534.2333	18.4218	15.3218	1.7313	2.1782	1.228E-14
BI (ajustados)	15	52.5000	3.5000	2.9110	1.9059	2.4854	0.00309326
Error intra-bloque	43	51.7000	1.2023				
Total	89	652.9000	7.3360				
CV (%)	1.21						
Promedio	90.37						

A3 = La Molina – 2017

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	18.4222	9.2111	8.1359	3.2145	5.1356	0.001007713
Genotipos (Sin ajustar)	29	344.8889	11.8927	10.5045	1.7313	2.1782	1.05462E-11
BI (ajustados)	15	42.8951	2.8597	2.5259	1.9059	2.4854	0.00893791
Error intra-bloque	43	48.6827	1.1322				
Total	89	454.8889	5.1111				
CV (%)	1.07						
Promedio	99.89						

A4 = La Molina – 2018

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	32.8222	16.4111	20.7296	3.2145	5.1356	4.97341E-07
Genotipos (Sin ajustar)	29	283.6556	9.7812	12.3551	1.7313	2.1782	6.11446E-13
BI (ajustados)	15	41.1358	2.7424	3.4640	1.9059	2.4854	0.000702834
Error intra-bloque	43	34.0420	0.7917				
Total	89	391.6556	4.4006				
CV (%)	0.96						
Promedio	92.68						

A5 = La Molina – 2019

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	2.4000	1.2000	0.8180	3.2145	5.1356	0.448066873
Genotipos (Sin ajustar)	29	280.5000	9.6724	6.5933	1.7313	2.1782	2.08656E-08
BI (ajustados)	15	66.5185	4.4346	3.0229	1.9059	2.4854	0.002282034
Error intra-bloque	43	63.0815	1.4670				
Total	89	412.5000	4.6348				
CV (%)	1.45						
Promedio	83.50						

Anexo 6. Cuadros de Análisis de Varianza de Diseño Látice Rectangular triple 5x6 para la variable floración femenina en los diferentes ambientes. FV = Fuente de variación, g.l = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrados medios, Fcal = F calculado, Ftab = F tabulado, BI = Bloques incompletos, CV (%) = coeficiente de variación.

A1 = La Molina – 2016

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	2.8667	1.4333	1.1366	3.2145	5.1356	0.330358168
Genotipos (Sin ajustar)	29	356.2667	12.2851	9.7418	1.7313	2.1782	3.83278E-11
BI (ajustados)	15	106.2407	7.0827	5.6164	1.9059	2.4854	4.05039E-06
Error intra-bloque	43	54.2259	1.2611				
Total	89	519.6000	5.8382				
CV (%)	1.29						
Promedio	86.73						

A2 = Oxapampa – 2016

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	0.6000	0.3000	0.1487	3.2145	5.1356	0.862277942
Genotipos (Sin ajustar)	29	665.1667	22.9368	11.3682	1.7313	2.1782	2.66587E-12
BI (ajustados)	15	63.9753	4.2650	2.1139	1.9059	2.4854	0.028128598
Error intra-bloque	43	86.7580	2.0176				
Total	89	816.5000	9.1742				
CV (%)	1.51						
Promedio	93.83						

A3 = La Molina – 2017

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	16.6889	8.3444	6.0547	3.2145	5.1356	0.004821971
Genotipos (Sin ajustar)	29	444.4556	15.3261	11.1205	1.7313	2.1782	3.92029E-12
BI (ajustados)	15	32.7160	2.1811	1.5826	1.9059	2.4854	0.119505449
Error intra-bloque	43	59.2617	1.3782				
Total	89	553.1222	6.2149				
CV (%)	1.15						
Promedio	101.86						

A4 = La Molina – 2018

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	28.2889	14.1444	10.2431	3.2145	5.1356	0.00023013
Genotipos (Sin ajustar)	29	458.3222	15.8042	11.4450	1.7313	2.1782	2.36846E-12
BI (ajustados)	15	40.3333	2.6889	1.9472	1.9059	2.4854	0.044619561
Error intra-bloque	43	59.3778	1.3809				
Total	89	586.3222	6.5879				
CV (%)	1.25						
Promedio	94.34						

A5 = La Molina - 2019

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab (5%)	Ftab (1%)	P-value
Repeticiones	2	1.0889	0.5444	0.4469	3.2145	5.1356	0.642516217
Genotipos (Sin ajustar)	29	353.1222	12.1766	9.9960	1.7313	2.1782	2.47184E-11
BI (ajustados)	15	90.5309	6.0354	4.9546	1.9059	2.4854	1.78144E-05
Error intra-bloque	43	52.3802	1.2181				
Total	89	497.1222	5.5856				
CV (%)	1.29						
Promedio	85.26						