

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ciencias

Escuela Académico Profesional de Biología - Microbiología

**“Transferencia de genes de precocidad y tolerancia al frío
a poblaciones híbridas de maíz (*Zea mays* L.) en
zonas altoandinas del sur del Perú”**

TESIS

Presentada por:

Bach. Gabriela Jeniffer Gutierrez Valdivia

Para optar el Título Profesional de:

BIÓLOGO MICROBIÓLOGO

TACNA - PERÚ

2009

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA

FACULTAD DE CIENCIAS

TESIS N° 128

TÍTULO PROFESIONAL DE:

Biólogo Microbiólogo

El Secretario Académico de la Facultad de Ciencias certifica que el Consejo de Facultad ha designado como jurados para la sustentación de la tesis: **“Transferencia de genes de precocidad y tolerancia al frío a poblaciones híbridas de maíz (*Zea mays* L.) en zonas altoandinas del sur del Perú”**

EL mismo que esta conformado por:

Presidente : Mgr. Juan Heraldo Viloche Bazán
Secretario : Mgr. Giovanni Aragon Alvarado
Vocal : MSc. Daladier Castillo Cotrina


Para examinar y calificar el trabajo de tesis sustentado en acto público el día 11 de febrero del año 2009

Presentado por la señorita Bachiller Gabriela Jeniffer Gutierrez Valdivia de la Escuela Académico Profesional de Biología Microbiología.


El jurado calificador en forma secreta e individual se pronuncio sobre el calificativo del trabajo expuesto y procedió a emitir el siguiente resultado:

Aprobada por Mayoría con 02 votos a favor y calificativo de Regular

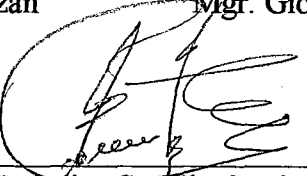
Para ratificar lo detallado firman:



MSc. Juan Heraldo Viloche Bazán
Presidente



Mgr. Giovanni Aragon Alvarado
Secretario



MSc. Daladier Castillo Cotrina
Vocal

A las miles de personas para los que el maíz es importante
en su diario vivir y para
aquellos quienes hacen el trabajo de mejorar su cultivo.

AGRADECIMIENTOS

A mis queridos padres y hermano, que gracias a su aliento y sacrificio he podido llegar hasta esta meta en la gran aventura de la vida.

A mi asesor Profesor Dr. René Chávez Alfaro por sus todas sus enseñanzas, consejos, aliento, apoyo, confianza y orientación durante la realización del presente trabajo de investigación y desarrollo profesional y personal; así como también por su valiosa y gran amistad.

A mi co-asesor Profesor Mgr. César Cáceda Quiroz, por sus consejos, ayuda y comentarios constructivos.

Al Dr. Walter Schmidt por su apoyo y por las facilidades otorgadas a través y para la realización de este trabajo. Así mismo a su equipo de trabajo de la Compañía KWS SAAT AG Breeding Seed International Company, y al Dr. Marcos Tapia de KWS Chile Ltda.

Al Ing. Oswaldo Ale, por las facilidades logísticas. Al Biólogo Luis Tamayo, al Sr. Pablo Miranda y al Sr. Belisario Catacora por su apoyo en la parte práctica del trabajo.

A todo el equipo de trabajo del área de Virología del Centro Internacional de la Papa, por las guías prácticas y consejos que me ofrecieron.

A Viviana, Oscar y Karla por su invaluable amistad y ayuda en todo momento. Y a todos los amigos que de alguna u otra forma se involucraron en la realización de esta tesis, gracias por brindarme su apoyo. A todos los que me apoyaron a lo largo del camino, gracias.

CONTENIDO

RESUMEN

Capítulo I. Introducción.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Hipótesis.....	5
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo general.....	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
Capítulo II. Revisión Bibliográfica.....	7
2.1 Origen y Evolución del maíz.....	7
2.2 Botánica del maíz.....	10
2.2.1 Taxonomía.....	10
2.2.2 Raíz.....	11
2.2.3 Tallo.....	11
2.2.4 Hojas.....	11

2.2.5	Inflorescencia masculina.....	12
2.2.6	Inflorescencia femenina.....	13
2.2.7	Cariópside (Fruto, grano o semilla).....	14
2.2.8	Polinización.....	15
2.3	Naturaleza genética del maíz.....	16
2.3.1	Herencia Cualitativa.....	17
2.3.2	Herencia Cuantitativa.....	17
2.3.3	Herencia Citoplasmática.....	18
2.3.4	Cromosomas.....	18
2.3.5	Número, estructura y acción de los genes.....	20
2.3.6	Heterosis del maíz.....	21
2.3.7	Hibridación.....	22
2.3.8	Transferencia Genética.....	22
2.4	Cultivo del maíz.....	23
2.4.1	Fotosíntesis.....	23
2.4.2	Clima y suelo.....	23
2.4.3	Fotoperiodo.....	24

2.4.4	Manejo del cultivo.....	25
2.5	Diversidad genética.....	25
2.5.1	Maíz tunicado, <i>Zea mays</i> var. <i>tunicata</i> (<i>Z. tunicata</i>).....	26
2.5.2	Maíz reventador, <i>Zea mays</i> var. <i>everta</i> (<i>Z. everta</i>).....	26
2.5.3	Maíz ceroso, <i>Zea mays</i> L.	26
2.5.4	Maíz arenoso o harinoso, <i>Zea mays</i> var. <i>amylacea</i>	26
2.5.5	Maíz dulce, <i>Zea mays</i> var. <i>rugosa</i> (<i>Z. saccharata</i>).....	27
2.5.6	Maíz cristalino, <i>Zea mayz</i> var. <i>indurada</i> (<i>Z. indurada</i>).....	27
2.5.7	Maíz dentado, <i>Zea mays</i> var. <i>indentata</i> (<i>Z. indentata</i>).....	27
2.6	Variabilidad del maíz en el Perú.....	27
2.6.1	Razas peruanas del maíz.....	27
2.6.2	Variedades locales.....	30
2.6.3	Variedades mejoradas.....	31
2.6.4	Híbridos.....	32
2.7	Importancia del maíz.....	32
2.7.1	En el mundo.....	32
2.7.2	En el Perú.....	34

2.8	Factores ambientales que originan estrés en el maíz.....	36
2.8.1	Estrés a bajas temperaturas.....	36
2.8.2	Respuesta fisiológica al estrés a bajas temperaturas.....	37
2.8.3	Respuesta genética al estrés a bajas temperaturas.....	38
2.9	Mejoramiento genético en maíz.....	40
2.9.1	Mejoramiento genético convencional.....	40
2.9.2	Mejoramiento genético mediante biotecnología.....	43
Capítulo III. Materiales y Métodos		46
3.1	Características de la zona de experimentación.....	46
3.1.1	Ubicación y época del ensayo.....	46
3.1.2	Instalación del experimento.....	47
3.1.3	Condiciones ambientales.....	47
3.1.3.1	Condiciones edáficas.....	47
3.1.3.2	Parámetros meteorológicos.....	48
3.1.3.3	Análisis de agua.....	48
3.2	Material experimental.....	48

3.3	Métodos.....	52
3.3.1	Etapas de desarrollo del material investigado.....	52
3.3.2	Manejo agronómico del cultivo.....	52
3.3.2.1	Preparación del terreno.....	52
3.3.2.2	Plantación de las semillas de maíz en campo.....	53
3.3.2.3	Manejo del riego.....	53
3.3.2.4	Deshierbo.....	53
3.3.2.5	Fertilización.....	53
3.3.2.6	Control de enfermedades y plaga.....	54
3.3.2.7	Cosecha.....	54
3.3.3	Variables evaluadas.....	55
3.3.3.1	Parámetros de evaluación de la tolerancia bajas temperaturas para las poblaciones progenitoras e híbridas F1.....	55
a.	Altura de la planta.....	56
b.	Vigor de planta.....	56
c.	Producción de biomasa aérea.....	56
d.	Rendimiento total de mazorca seca.....	57
3.3.3.4	Evaluación de la precocidad.....	58

	a.	Aparición de la inflorescencia masculina.....	58
	b.	Aparición de inflorescencia femenina.....	58
	c.	Evaluación de la formación de mazorca choclo.....	59
	d.	Evaluación de la formación de mazorca seca.....	59
	e.	Evaluación de senescencia total de la planta.....	59
3.3.3.5		Porcentaje de plantas precoces de las poblaciones híbridas (progenie) evaluadas en campo.....	60
3.3.3.6		Porcentaje de plantas cosechadas con buena calidad de mazorca en las poblaciones híbridas	60
3.3.4		Diseño experimental.....	61
	3.3.4.1	Cruzamientos o hibridaciones.....	61
	3.3.4.2	Selección de Familia de Medios Hermanos.....	63
	3.3.4.3	Diseño para la evaluación de la F1 híbrida obtenida...	64
3.3.5		Análisis estadístico.....	66

Capítulo IV. Resultados.....	68
4.1 Medición de Parámetros Meteorológicos.....	68
a. Promedio temperatura máxima mensual.....	69
b. Promedio temperatura mínima mensual.....	70
c. Promedio temperatura media mensual.....	71
d. Promedio precipitación total mensual.....	72
e. Promedio humedad relativa mensual.....	73
f. Promedio heliofania mensual.....	74
4.2 Parámetros de evaluación para a tolerancia bajas temperaturas.....	75
4.2.1 Altura de planta.....	75
4.2.2 Vigor de planta.....	80
4.2.3 Producción de biomasa aérea.....	85
4.2.4 Rendimiento total de mazorca seca.....	90
4.5 Parámetros de evaluación de la precocidad.....	95
4.5.1 Aparición de las inflorescencias masculina y femenina.....	95
4.5.2 Formación de mazorca choclo.....	101
4.5.3 Formación de mazorca seca.....	107
4.5.4 Evaluación de la senescencia de la planta.....	112
4.6 Porcentaje de genotipos precoces de las poblaciones híbridas F1.....	118

4.7 Porcentaje de genotipos cosechados con buena calidad de mazorca en las poblaciones híbridas F1.....	121
Capítulo V. Discusión.....	123
Capítulo VI. Conclusiones.....	134
Capítulo VII. Recomendaciones.....	136
Capítulo VIII. Bibliografía.....	138
Anexo.....	151

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Agrupación de las variedades nativas en las razas peruanas de maíz en el Perú.....	29
Tabla N° 2. Variedades nativas más importantes.....	30
Tabla N° 3. Cultivares mejorados con mayor área de cultivo.....	31
Tabla N° 4. Germoplasma de maíz utilizado en el experimento de Hibridación.....	50
Tabla N° 5. Germoplasma Híbrido de maíz utilizado en el experimento evaluativo.....	51
Tabla N° 6. Estrategia para los cruzamientos o hibridaciones.....	62
Tabla N° 7. Modelo de la estrategia de selección de Familia de Medios Hermanos (HSF) durante la cosecha de la primera temporada experimental.....	63

Tabla N° 8. Diseño experimental de la estrategia de evaluación los híbridos F1.....	65
Tabla N° 9. Altura (cm) de líneas sintéticas: Progenitores Femeninos.....	75
Tabla N° 10. Altura (cm) de variedades nativas: Progenitores Masculinos.....	76
Tabla N° 11. Altura (cm) de Híbridos F1: Progenie.....	77
Tabla N° 12. Comparativo entre poblaciones híbridas y sus respectivos progenitores en promedio de Altura de plantas en cm.....	78
Tabla N° 13. Grados de vigor de líneas sintéticas: Progenitores Femeninos.....	80
Tabla N° 14. Grados de vigor de variedades nativas: Progenitores Masculinos.....	81
Tabla N° 15. Grados de vigor de Híbridos F1: Progenie.....	82
Tabla N° 16. Comparativo entre poblaciones híbridas y sus respectivos progenitores en el promedio de la expresión de máximo vigor.....	83

Tabla N° 17. Grados de biomasa aérea de variedades sintéticas: Progenitores Femeninos.....	85
Tabla N° 18. Grados de biomasa aérea de variedades nativas: Progenitores Mascullinos.....	86
Tabla N° 19. Grados de biomasa aérea de Híbridos F1: Progenie.....	87
Tabla N° 20. Comparativo entre poblaciones híbridas y sus respectivos progenitores en promedio de la producción de biomasa aérea.....	88
Tabla N° 21. Grados de rendimiento de mazorcas secas de variedades sintéticas: Progenitores Femeninos.....	90
Tabla N° 22. Grados de rendimiento de mazorcas secas de variedades nativas: Progenitores Mascullinos.....	91
Tabla N° 23. Grados de rendimiento de mazorcas secas de Híbridos F1: Progenie.....	92
Tabla N° 24. Comparativo entre poblaciones híbridas y sus respectivos progenitores en promedio de la producción de biomasa aérea.....	93

Tabla N° 25. Grados de formación de inflorescencia masculina de variedades sintéticas: Progenitores Femeninos.....	96
Tabla N° 26. Grados de formación de inflorescencia masculina variedades nativas: Progenitores Masculinos.....	97
Tabla N° 27. Grados de formación de inflorescencia masculina Híbridos F1: Progenie.....	98
Tabla N° 28. Comparativo de la aparición de las inflorescencias masculinas y femeninas entre las poblaciones híbridas F1 y sus respectivos progenitores.....	99
Tabla N° 29. Formación de choclo de líneas sintéticas: Progenitores Femeninos.....	101
Tabla N° 30. Formación de mazorca choclo de variedades nativas: Progenitores Masculinos.....	102
Tabla N° 31. Formación de mazorca choclo de Híbridos F1: Progenie.....	103

Tabla N° 32. Comparativo de la formación de mazorca choclo (d.d.s.) entre las poblaciones híbridas F1 y sus respectivos progenitores.....	104
Tabla N° 33. Formación de mazorca seca de líneas sintéticas: Progenitores Femeninos.....	106
Tabla N° 34. Formación de mazorca seca de las variedades nativas: Progenitores Masculinos.....	107
Tabla N° 35. Formación de mazorca seca de Híbridos F1: Progenie.....	108
Tabla N° 36. Comparativo del promedio de la formación de mazorca seca (d.d.s.) entre las poblaciones híbridas F1 y sus respectivos progenitores.....	109
Tabla N° 37. Evaluación de senescencia de las líneas sintéticas: Progenitores Femeninos.....	111
Tabla N° 38. Evaluación de senescencia de las variedades nativas: Progenitores Masculinos.....	112
Tabla N° 39. Evaluación de senescencia de los Híbridos F1: Progenie.....	113

Tabla N° 40. Comparativo del promedio de la formación de mazorca seca (d.d.s.) entre las poblaciones híbridas F1 y sus respectivos progenitores.....	115
Tabla N° 41. Porcentaje de genotipos precoces de las poblaciones Híbridas F1.....	118
Tabla N° 42. Porcentaje de genotipos cosechados con buena calidad de mazorca en las poblaciones híbridas F1.....	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Inflorescencia masculina del maíz.....	12
Figura 2. Inflorescencia femenina del maíz.....	13
Figura 3. Corte longitudinal de una semilla de maíz.....	14
Figura 4. Temperatura máxima mensual durante la temporada evaluativa 2006-2007 de cruzamientos (♀ x ♂) y temporada de evaluación 2007-2008 de las poblaciones híbridas F1.....	69
Figura 5. Temperatura mínima mensual durante la temporada evaluativa 2006-2007 de cruzamientos (♀ x ♂) y temporada de evaluación 2007-2008 de las poblaciones híbridas F1.....	70
Figura 6. Temperatura media mensual durante la temporada evaluativa 2006-2007 de cruzamientos (♀ x ♂) y temporada de evaluación 2007-2008 de las poblaciones híbridas F1.....	71

Figura 7. Precipitación total mensual durante la temporada evaluativa	
2006-2007 de cruzamientos (♀ x ♂) y temporada de evaluación	
2007-2008 de las poblaciones híbridas F1.....	72
Figura 8. Humedad relativa mensual durante la temporada evaluativa	
2006-2007 de cruzamientos (♀ x ♂) y temporada de evaluación	
2007-2008 de las poblaciones híbridas F1.....	73
Figura 9. Heliofania mensual durante la temporada evaluativa	
2006-2007 de cruzamientos (♀ x ♂) y temporada de evaluación	
2007-2008 de las poblaciones híbridas F1.....	74
Figura 10. Evaluación de la altura (cm.) comparando cada población híbrida con	
su respectivo progenitor.....	79
Figura 11. Comparativo del promedio total de la expresión máxima de	
vigor entre las poblaciones híbrida F1 y sus respectivos	
progenitores.....	84
Figura 12. Comparativo del promedio total de producción de biomasa	
aérea entre las poblaciones híbridas F1 y sus respectivos	
progenitores.....	89

Figura 13. Comparativo del promedio total de rendimiento de mazorca seca entre las poblaciones híbridas F1 y sus respectivos progenitores.....	94
Figura 14. Comparativo de la aparición de la inflorescencia masculina (d.d.s.) entre las poblaciones Híbridas F1 y sus respectivos progenitores.....	100
Figura 15. Comparativo de la aparición de la inflorescencia femenina (d.d.s.) entre las poblaciones Híbridas F1 y sus respectivos progenitores.....	100
Figura 16. Comparativo de la formación de mazorca choclo (d.d.s.) entre las poblaciones Híbridas F1 y sus respectivos progenitores como controles.....	105
Figura 17. Comparativo de la evaluación de la formación de mazorca seca (d.d.s.) de las poblaciones Híbridas F1 con sus respectivos progenitores.....	110

Figura 18. Comparativo de la evaluación del inicio de la senescencia de las plantas (d.d.s.) de las poblaciones Híbridas F1 con sus respectivos progenitores.....116

Figura 19. Comparativo de la evaluación de la senescencia total de las plantas (d.d.s.) de las poblaciones Híbridas F1 con sus respectivos progenitores.....116

Figura 20. Porcentaje de plantas precoces de las poblaciones Híbridas F1.....119

Figura 21. Porcentaje de plantas cosechadas con buena calidad de mazorca en las poblaciones Híbridas F1.....122

RESUMEN

En las zonas agroecológicas altoandinas del sur del Perú, en el departamento de Tacna, provincia de Tarata, a 3 300 m.s.n.m., el cultivo de maíz se lleva a cabo bajo constante estrés abióticos climáticos de bajas temperaturas y heladas esporádicas, que limitan la producción total o parcial de dicho cultivo y la calidad del producto.

En la presente tesis se hicieron cruzamientos entre poblaciones de variedades nativas (progenitores masculinos) adaptadas a tolerar las adversidades climáticas de la zona agroecológica en referencia, de largo periodo vegetativo (entre nueve a diez meses), con poblaciones de líneas sintéticas mejoradas (progenitores femeninos) precoces y susceptibles a temperaturas bajas.

En la primera etapa de evaluaciones e hibridaciones, se confirmó y comparó los caracteres fenotípicos positivos y negativos como resultado del potencial genético de este germoplasma nativo y mejorado, para el medio ambiente altoandino de ambos grupos poblacionales progenitores, por medio de las respuestas fenotípicas como son la altura y vigor de la planta, producción de biomasa aérea y rendimiento de mazorca, aparición de las inflorescencias, formación de mazorcas y senescencia.

En la segunda etapa de evaluación de las mencionadas respuestas fenotípicas en las poblaciones híbridas F1 obtenidas bajo las condiciones climáticas de la zona experimental de Tarata, se ha determinado una alta frecuencia de plantas (genotipos) promisorias tolerantes al frío y con una reducción de 30 a 40 días en su periodo vegetativo.

Los resultados muestran la factibilidad de la transferencia de genes de precocidad y tolerancia a bajas temperaturas a poblaciones híbridas de maíz, desde el germoplasma nativo de maíz cruzado con un germoplasma sintético mejorado bajo condiciones climáticas de la altoandinas, debido a la alta heredabilidad de dichos genes y a su efectiva expresión en la progenie híbrida mencionada.

Capítulo I

1.1 INTRODUCCIÓN

El proceso de producción y explotación agrícola con especies vegetales se ve afectado muy frecuentemente por factores limitantes y adversos del medio ambiente. Estos pueden ser de naturaleza biológica como es el caso de plagas, enfermedades y malezas (estreses bióticos), o pueden ser de naturaleza físico-química, como serían los elementos del clima o los del agua y suelo (estreses abióticos).

La exposición a bajas temperaturas es uno de los estreses primarios que encuentran los cultivos durante su periodo vegetativo en el altiplano sudamericano. Hay dos clases de estreses a temperaturas bajas y son reconocidos usualmente como; estrés a bajas temperaturas propiamente dicho, por encima de los 0°C, y estrés al congelamiento, a temperaturas por debajo de 0°C (Basra, 1994), este último es conocido en el medio andino peruano como heladas.

En general, en la zonas altoandinas, del Perú, Bolivia y Ecuador el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) se realiza en ambientes o ecosistemas menos favorables de clima y suelo. Las bajas temperaturas reinantes en estas zonas altoandinas, que

oscilan entre 2°C a 10°C, y ocasionalmente las heladas, afectan el cultivo, aún cuando el daño ocasionado en la planta varíe dependiendo del lugar, del sistema de siembra y la variedad de maíz utilizada, así como el periodo de desarrollo vegetativo en que se encuentre la planta (Chávez y col., 2005)

Todo estrés abiótico como las bajas temperaturas durante el desarrollo de la planta de maíz puede causar principalmente las siguientes respuestas fenotípicas: a) reducción y/o alteración de la función y eficiencia fotosintética, b) enanismos y disminución del vigor general y de la biomasa aérea de la planta, c) reducción de la fertilidad de la planta, d) alargamiento del periodo vegetativo (Chávez y col., 2005). En este último aspecto, el desarrollo vegetativo prolongado causado por las bajas temperaturas tiene mucha importancia agronómica y económica, el costo del cultivo aumenta, así como el riesgo de que su rendimiento disminuya debido a ataques de agentes patógenos o por la ocurrencia de heladas tempranas ocasionales (Chávez y col., 2005)

Las heladas que inesperadamente se presentan en el ecosistema altoandino, pueden afectar a la planta en intervalos críticos de su crecimiento y puede ocasionar grandes daños directos e irreversibles cuya intensidad provoque la muerte de alguno órganos o generalmente de toda la planta de maíz y por consiguiente la pérdida de la cosecha (Sevilla, 1995).

La planta de maíz es de naturaleza susceptible a estrés provocado por las temperaturas bajas, la gran mayoría de las variedades y razas de maíz, así como

los híbridos y líneas mejoradas sucumben en ecosistemas fríos. Sin embargo, existe un germoplasma especial de maíz con variedades nativas que habitan en las zonas altoandinas de Sudamérica (mayormente en las alturas de Perú, Bolivia y Ecuador) que, por un largo y continuo proceso de evolución y selección natural, se han adaptado a las condiciones ambientales extremas de los Andes altos donde predominan durante casi todo el año las bajas temperaturas, la sequedad ambiental (muy baja humedad relativa), sequías temporales durante su desarrollo vegetativo y donde ocasionalmente se presentan las denominadas heladas (Chávez y col., 2005)

Existen aproximadamente más de 20 variedades nativas de maíz de fotoperiodo corto y que pueden desarrollarse normalmente a temperaturas de 3 a 7° C, promedio que están por debajo de la temperatura letal de la planta de maíz (Gutiérrez-Rosati, 2006). Pero las plantas que toleran las bajas temperaturas, generalmente presentan grados variables de sensibilidad al congelamiento (Basra, 1994), de esta forma este germoplasma nativo sufre grandes daños y a veces pérdida de la cosecha durante la aparición de las heladas.

Una de las soluciones a este problema, sabiendo que los recursos genéticos y la gran biodiversidad constituyen la base biológica para mejorar, asegurar y salvaguardar la vida y la producción de los cultivos y para darles una alternativa a las comunidades agrícolas, es el establecimiento de programas de mejoramiento

genético convencional de plantas para resistencia o tolerancia a los estreses abióticos más comunes en estas zonas.

De esta forma, las investigaciones y experimentaciones se basan en la utilización del germoplasma andino tolerante a bajas temperaturas y la búsqueda de los genes de precocidad en otro germoplasma de maíz sintético mejorado susceptible a climas fríos, para la obtención de nuevas poblaciones híbridas que acumulen en su genotipo los genes de tolerancia a bajas temperaturas provenientes de progenitores nativos y que obtengan genes de precocidad de los progenitores sintéticos para lograr bien sea la tolerancia al congelamiento de las heladas o el escape de éstas mediante un periodo vegetativo más corto, para que las temperaturas menores a 0°C no afecten al cultivo de maíz en las etapas críticas del periodo vegetativo de las plantas.

En el presente trabajo de investigación enmarcado en el campo de la genética, se tuvo como propósito principal el flujo de genes de dos poblaciones diferentes que permitan la generación de genotipos híbridos superiores de maíz, con los atributos deseados.

Las pruebas experimentales de campo fueron realizadas en la localidad de Circa, provincia de Tarata a 3 300 m.s.n.m., departamento de Tacna, lugar semiárido, situada en las vertientes occidentales andinas del departamento de Tacna. La reacción fenotípica y la performance agronómica general de los progenitores y poblaciones híbridas fueron evaluadas en relación a su tolerancia

genética frente a las condiciones climáticas adversas. Además, se determinó la reducción del periodo vegetativo de la progenie.

1.2 HIPÓTESIS

Las poblaciones híbridas F1 de maíz (*Zea mays* L.) obtenidas de programas de cruzamientos convencionales entre el germoplasma nativo y un germoplasma de maíz sintético mejorado, expresan los genes de tolerancia a bajas temperaturas y genes de precocidad, que sus progenitores les transfieren en condiciones climáticas altoandinas del sur del Perú.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la transferencia genética en la expresión fenotípica conjunta de genes de precocidad y genes para la tolerancia a bajas temperaturas en poblaciones híbridas F1 de maíz (*Zea mays* L.), y las de sus progenitores, bajo condiciones climáticas altoandinas del sur del Perú.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar las características fenotípicas de las poblaciones híbridas F1 de maíz que contengan en su genomio genes para la tolerancia a bajas temperaturas.

- Evaluar las características fenotípicas de las poblaciones híbridas F1 de maíz que contengan en su genomio genes de precocidad.
- Evaluar aquellas poblaciones híbridas F1 de maíz que expresen los dos caracteres genéticos favorables de tolerancia a bajas temperaturas y precocidad bajo las condiciones altoandinas del sur.

Capítulo II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL MAÍZ

El maíz es una de las plantas cultivadas más antiguas del continente americano. Sin embargo en la actualidad ya no sobrevive en forma silvestre y sólo se conoce y se produce bajo cultivo. Excavaciones arqueológicas y geográficas, y mediciones de desintegración radioactiva de antiguas mazorcas de maíz, indican que la planta debe haberse originado hace aproximadamente 5 mil años a.C. (Wilkes, 2004).

Existe una evidencia arqueológica de mazorca y otras partes del maíz encontrada en un refugio rocoso de Nuevo México, conocido como la Cueva del Murciélago, este hallazgo apoyaría la hipótesis del origen mexicano del maíz. Este primer maíz encontrado, era muy pequeño, frágil, de ocho líneas de hileras, pero aún persiste el debate si éste era silvestre o domesticado (Benz, 2006).

Sin embargo, debido a la gran diversidad de razas nativas encontradas en la región andina, se hipotetizó que el maíz pudo haberse originado en los altiplanos y valles interandinos del Perú, Bolivia y Ecuador. Una seria objeción a

esta hipótesis es que no se conoce ningún pariente silvestre del maíz en Sudamérica, incluyendo el teosinte (*Euchlaena mexicana*), en esa región. (Wilkes, 2004).

Es posible que la introducción del maíz por la parte Norte de Sudamérica desde América Central baja, sucedió alrededor del año 5000 a.C., basado en restos de polen de maíz en estratos arqueológicos en varios sitios en Colombia y Ecuador (Matsuoka, 2002).

Los investigadores han propuesto varias teorías acerca del proceso de origen geográfico del maíz y algunos de sus parientes silvestres como *Euchlaena mexicana* y *Tripsacum sp.* (Que se encuentra distribuido entre el sur de EEUU., América Central y el Norte de Sudamérica), una de ellas sugiere que el maíz se derivó de un maíz primitivo tunicado (*Zea mays ssp, tunicata*), ya que se considera a esta subespecie como un tipo de maíz muy primitivo o silvestre.

Las hibridaciones entre los tres géneros podrían haber dado origen a uno y otro, pero esta teoría resulta improbable cuando se considera la marcada incompatibilidad de cruzamiento de las razas primitivas de maíz existentes y las especies de *Tripsacum*, algunas razas actuales pueden cruzarse pero bajo condiciones experimentales de laboratorio (Wilkes, 2004).

Estudios mediante técnicas moleculares realizadas, muestran que el ancestro del maíz cultivado es el teosinte (*Euchlaena mexicana*) (Benz, 2006).

Esta afirmación ha prevalecido, a pesar de que las evidencias arqueológicas basadas en restos paleo-etnobotánicos del teosinte son extremadamente escasas.

Sin embargo, la teoría de más aceptación es que el maíz fue domesticado hace aproximadamente 4000 años. El lugar fue muy probablemente México (Wilkes, 2004), donde al parecer prevaleció un clima subtropical húmedo durante este periodo favorable para el maíz. Algunas de las características de la planta de maíz limitaron su éxito en la naturaleza, sin embargo, la hicieron agrícolamente más útil y el proceso de domesticación se facilitó por su fácil propagación y la tendencia genética que tiene algunas especies forrajeras como el maíz, que fue cultivado extensamente por el hombre primitivo (Jugenheimer, 1987).

La zona central de los Andes Sudamericanos mayormente ocupada geográficamente hoy en día por Perú, ha sido considerada como un segundo centro de domesticación y gran diversidad genética del maíz donde por más de 5000 años han evolucionado numerosas razas y variedades nativas de maíz. (Mangelsdorf, 1974; Sevilla, 1990).

2.2 BOTÁNICA DEL MAÍZ

El maíz es una planta herbácea anual, monoica, erecta, robusta de 0,6 a 3 m. o más de altura en su madurez (Paliwall y *col.*, 2001)

2.2.1 TAXONOMÍA

Reino:	Vegetal (<i>Plantae</i>)
Sub Reino:	Tracheobionta
Super división:	Spermatophyta
División:	Magnoliophyta
Sub División:	Angiospermae
Clase:	Liliopsida
Sub Clase:	Commelinidae
Orden:	Cyperales
Familia:	Poaceae
Sub Familia:	Panicoideae
Tribu:	Maydeae
Género:	<i>Zea</i>
Especie:	<i>Zea mays L.</i>

2.2.2 RAÍZ

La raíz del maíz es fasciculada, con abundante ramificación, que se origina de la radícula original después de la germinación de la semilla. También se forman las raíces zancos o semiaéreas en la base del tallo para reforzar el sostenimiento de la planta así como para el soporte a los tumbados por el viento (Kiesselbach, 1998).

2.2.3 TALLO

Los tallos son erguidos, cilíndricos, simples, algunas veces ramificados en su base y con raíces que brotan de los nudos inferiores. Algunas variedades presentan pigmentos antociánicos. La altura y el diámetro del tallo son variables dependiendo de la variedad (Kiesselbach, 1998).

2.2.4 HOJAS

Las hojas son largas, lanceoladas, de color verde claro y verde oscuro, tienen 30 a 100 cm. de largo y de 3 a 12 cm. de ancho. La base es redondeada o truncada, el ápice más angosto y agudo y los márgenes frecuentemente ásperos e irregulares. Son de color verde en la parte superior, finamente pilosos o glabros en ambas superficies, con un borde blanco ancho (Kiesselbach, 1998).

2.2.5 INFLORESCENCIA MASCULINA

Las espigas son unisexuales y monoicas. La inflorescencia masculina es terminal, de color amarillo, formadas por dos espículas bifloras, con tres estambres libres.

En espigas de 12,40 cm. de largo, con la espiga terminal de mayor longitud que las otras; el raquis es angular inarticulado y finamente hirsuto; las espiguillas se desarrollan en pares y viscerados y son largas y agudas de 0,8 – 1,3 cm. de largo, generalmente con tonalidad morada; tienen 3 estambres; las anteras son de 0,45 – 0,55 cm. de largo y de color amarillo o violeta ((Kiesselbach, 1998).

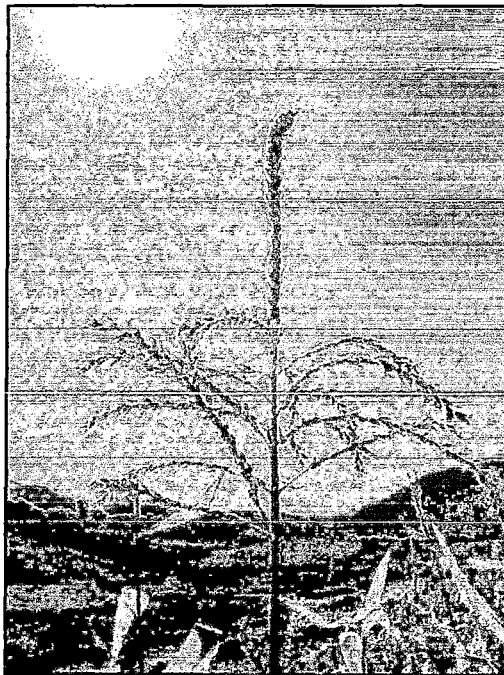


Figura 1. Inflorescencia masculina del maíz

2.2.6 INFLORESCENCIA FEMENINA

La inflorescencia femenina está formada por espículas unifloras dispuestas sobre un eje carnososo o coronta (espádice), en las axilas en una o más hojas generalmente solitarias, raramente 2 ó 3 juntas, arrojando cada una un prolongado estilo, los estilos en conjunto asoman por las brácteas (pancas) que envuelven la mazorca, formando una barba o cabellera rubia-rojiza. El fruto es una cariósida o grano rodeando la coronta y formando la mazorca, de color amarillo, dorado, blanco, rojo, morado, etc., según la variedad (Kiesselbach, 1998).

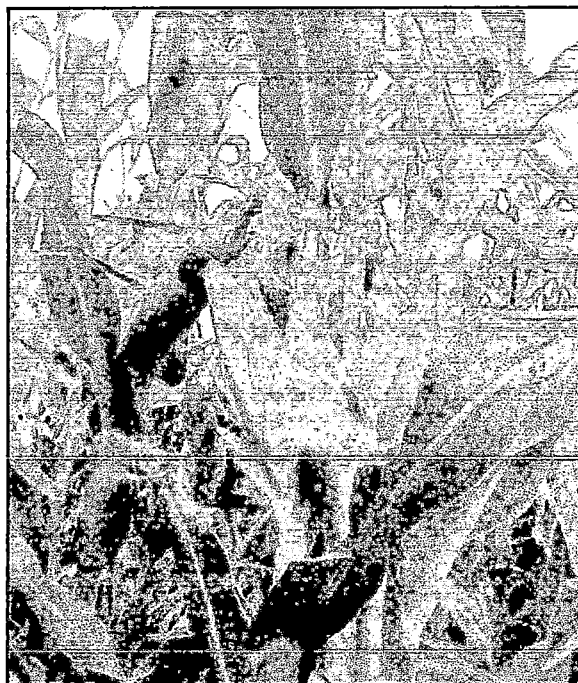


Figura 2. Inflorescencia femenina del maíz

2.2.7 CARIÓPSIDE (FRUTO, GRANO O SEMILLA)

Las semillas (fruto o cariósipide) son ovoides con un ápice agudo obtuso redondeado y comprimido, que es variable en color, de 0,5 – 1 y algunas veces hasta 2,5 cm. de largo y 0,5 – 1 cm. de ancho. El pericarpio y la membrana nuclear están tan íntimamente ligados en el grano maduro o cariósipide, que parece que se encuentran fusionados. Cuando el grano está maduro contiene también una capa de aleurona próxima a la envoltura, el endosperma almidonoso y un embrión. El endosperma consta de la capa de aleurona y del parénquima almidonoso, estando este último compuesto de células de paredes delgadas. Aquellas que se encuentran en los bordes de la capa de aleurona, son ricas en proteínas (Kiesselbach, 1998).

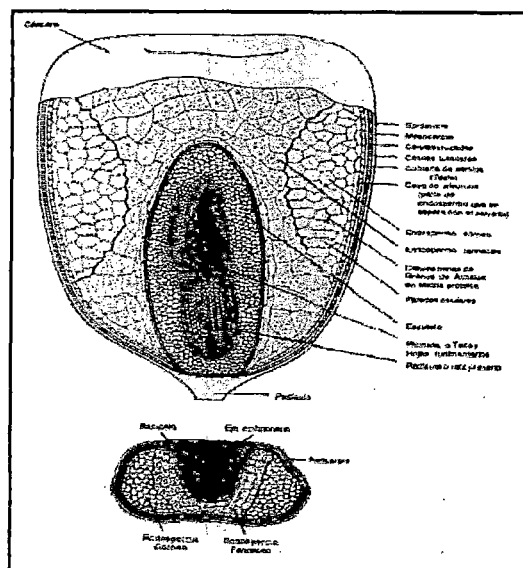


Figura 3. Corte longitudinal de una semilla de maíz

Fuente: Gutierrez-Rosati, 2006

2.2.8 POLINIZACIÓN

La planta de maíz es alógama y tiene un hábito de floración monoico. Las flores estaminadas se producen en la espiga y las flores pistiladas en la mazorca o choclo. La polinización es anemófila y se efectúa mediante la caída del polen sobre los estigmas.

Aproximadamente el 95% de los óvulos de una mazorca sufren polinización cruzada y el otro 5% es autopolinizado. La mayor parte que poliniza a una mazorca de maíz proviene, generalmente, de plantas inmediatamente cercanas, aun cuando el polen puede ser trasportado por el viento a grandes distancias (Beingolea y *col.*, 1993).

El derramamiento o diseminación del polen se inicia uno o tres días antes de que los estigmas hayan emergido e la misma planta y continúa durante varios días después, mientras que los estigmas se encuentren todavía viables. El tiempo caluroso y seco tiende a acelerar el derramamiento del polen.

Cada mazorca se compone de un tronco o raquis del que nacen las espigas y en su extremo la mazorca misma donde se forman las flores pistiladas. Las espiguillas se forman por pares y como cada una de ellas sólo produce un óvulo fértil, en cada mazorca existe un número par de hileras de granos. En cada espiguilla se encuentran presente el otro óvulo (Beingolea y *col.*, 1993).

Los filamentos o cabellos jóvenes de la mazorca funcionan a la vez como estigmas y como estilos y son receptivos para el polen en toda su longitud. La fertilización del óvulo se efectúa generalmente entre 12 y 28 horas después de haber sido polinizados los estigmas. Una sequía severa o una temperatura ambiental muy baja, puede retardar la emergencia de los elotes (Paliwall y col., 2001).

2.3 NATURALEZA GENÉTICA DEL MAÍZ

El maíz es un organismo diploide ($2N = 20$), de naturaleza genética alógama, en el cual los genes son regularmente transmitidos desde los padres a la progenie en un periodo vegetativo relativamente corto (tres a nueve meses). Los genes conforman una compleja secuencia de pares de bases (nucleótidos) localizados en los cromosomas, que son las unidades hereditarias (Jugenheimer, 1987). Un gen puede tener una o más formas (alelos) que proporcionan alternativas de herencia. Técnicas moleculares y otras más han sido utilizadas para localizar muchos miles de genes en maíz.

El maíz por ser una planta alógama, al ser sometida a continuas autopolinizaciones fomenta la endogamia lo cual conduce a la población de maíz a una depresión de endocría y enorme reducción del vigor de la planta, que puede causar la extinción de una variedad o raza nativa o mejorada de maíz.

El fenómeno genético de la depresión de endocría en el maíz, llega a su máxima expresión fenotípica cuando la población disminuida y sometida a una haploidía en la reducción del número cromosómico de 20 ($2N=20$) a 10 ($2N=10$). Las plantas haploides muestran en el campo e invernadero un enanismo extremo y falta de vigor, recuperando cierto vigor cuando son sometidas a duplicación cromosómica numérica (Jugenheimer, 1987).

2.3.1 HERENCIA CUALITATIVA

Cuando los genes actúan solos o en combinación con otros genes y el medio ambiente tiene poca o ninguna influencia en su acción, la característica fenotípica resultante es llamada carácter *Cualitativo*. Muchos genes (o una combinación de muchos de ellos) han sido identificados que pueden alterar la morfología de la planta de maíz sin afectar el valor económico de la planta (Pohelman, 1992).

2.3.2 HERENCIA CUANTITATIVA

La mayoría de las características económicas en el maíz tales como índice de cosecha, madurez, resistencia a enfermedades y a plagas insectiles y producción total de biomasa, son gobernadas por un largo número de genes, teniendo cada uno, un relativo y pequeño efecto, con una influencia considerable del medio ambiente. Esas características son llamadas caracteres *Cuantitativos*. Estas características tienden a ser difíciles de manipular porque son controladas

por un rango de factores que interactúan de formas extremadamente complicadas. Cada par de alelos agrega o quita un incremento específico del carácter controlado colectivamente (Jugenheimer, 1987).

2.3.3 HERENCIA CITOPLÁSMICA

Una fuente importante de modificación de los patrones hereditarios mendelianos es la herencia citoplasmática, esta se hereda a través del citoplasma del óvulo o huevo, probablemente a través de los ácidos nucleicos de los plastidios, de las mitocondrias (Chávez, 1995). La esterilidad citoplasmática masculina causa el aborto del polen, dejando a las anteras desprovistas de él. Generalmente no se afecta la fertilidad femenina. El desespigamiento normal del maíz puede eliminarse mediante el uso de factores citoplasmáticos, los cuales producen esterilidad masculina y de genes que restauran la fertilidad masculina.

2.3.4 CROMOSOMAS

La fórmula cromosómica del maíz es $2N = 2x = 20$. Los diez cromosomas que comprenden el número monoploide o gamético del maíz, son diferenciables morfológicamente por: (Jugenheimer, 1987).

- Sus longitudes relativas.
- Los patrones distintivos de los cromómeros.
- Los nudos intensamente teñidos.

- La localización del centrómero (determinando la proporciones de los brazos)
- El grado de heteropicnosis en los cromómeros adyacentes a los centrómeros.

Los rasgos de diagnósticos son evidentes con mayor claridad en el paquiteno en la meiosis. Se han hecho mediciones de la asociación de la etapa meiótica con varias mediciones morfológicas, comprendían el número de hojas totalmente extendidas, los días después de la emergencia la altura de la planta y el diámetro del tallo (Jugenheimer, 1987).

La manipulación cromosómica numérica para la obtención de plantas haploides (Haploidización), a partir de plantas diploides, se realiza principalmente en los programas avanzados de mejoramiento genético del maíz mediante la utilización de plantas o genotipos que se elijan como masculinas inductoras con marcadores genéticos. Estos haploides seleccionados por sus caracteres fenotípicos deseables son nuevamente duplicados de 10 cromosomas a los 20 cromosomas mediante Colchicina. Estas plantas resultantes a su nivel diploide son utilizadas como progenitores para generar líneas superiores (Bajaj, 1994).

2.3.5 NÚMERO, ESTRUCTURA Y ACCIÓN DE LOS GENES

El maíz es una de las especies vegetales más estudiadas a nivel genético y hereditario constituyendo una especie muy compleja donde se han identificado más de 1000 genes su genomio (Jugenheimer, 1987). Los caracteres genéticos del maíz muestran gran variedad de efectos, que pueden clasificarse en tres grupos, sobre la base del tipo de tejido afectado:

- Caracteres esporofíticos (tejido $2N$)
- Caracteres gametofíticos (tejido $1N$)
- Caracteres del endospermo y la aleurona (tejidos $3N$)

Algunos de los genes más interesantes son los que controlan el comportamiento de los cromosomas y las etapas específicas de la mitosis. La mayoría de los caracteres mutantes del maíz están controlados por genes recesivos simples aparecen en proporciones monohíbridas. Sin embargo, algunas de las situaciones genéticas mejor analizadas comprenden la interacción complementaria de algunos genes. (Jugenheimer, 1987).

El genoma del maíz ha sido secuenciado con éxito, el resultado de los datos de este secuenciamiento ha sido puesto inmediatamente en el GenBank documentado en el Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y el Trigo (CIMMYT) en México. La secuencia del genoma del maíz ha sido considerada

difícil por su largo tamaño y por su complejo arreglo genético. El genoma tiene de 50 000 – 60 000 genes dispersos entre 2.5 billones de bases, moléculas que conforman el ADN que compone los 10 pares de cromosomas de la planta de maíz.

2.3.6 HETEROSIS DEL MAÍZ

La heterosis es un fenómeno en el cual el cruzamiento de dos variedades o líneas endogámicas producen un híbrido que es superior a sus progenitores en crecimiento, tamaño, rendimiento o vigor en general y producción de biomasa (Jugenheimer, 1987). Otros investigadores definen la heterosis como el incremento en vigor respecto al mejor progenitor que generó la progenie F1 (Bajaj, 1994). La heterosis se manifiesta si se logra la reunión de dos conjuntos de genes dominantes favorables que se complementan (Jugenheimer, 1987).

Se sabe que contrario a la heterosis, la endocria producto de autofecundación de la planta de maíz genera una depresión de endocria, produciendo muchos individuos defectuosos y estériles que automáticamente se eliminan por si mismos (Jugenheimer, 1987). Pero al cruzar dos variedades endocriadas se restaura el vigor híbrido perdido y con frecuencia se produce mayor vigor del que las variedades tenían originalmente, esto debido a que los defectos de estas variedades progenitores generalmente son diferentes y tienden a compensarse unos con otros en la progenie inmediata (Bajaj, 1994).

2.3.7 HIBRIDACIÓN

En un amplio sentido “hibridización” puede ser definido como el cruzamiento mejorado de individuos genéticamente diferentes. Estos individuos pueden diferir por uno o algunos genes, por muchos genes o ser muy diferentes genéticamente (como la mayoría de hibridaciones entre miembros de diferentes géneros).

La incidencia natural de hibridaciones interespecíficas e intergenéricas varía sustancialmente entre géneros y familias vegetales.

La hibridización es un componente frecuente e importante de la evolución y especiación de las plantas, sin embargo el resultado de las plantas F1 casi siempre son estériles y relativamente sólo algunas poblaciones persisten, excepto donde los parentales permanecen en contacto o donde dichas plantas son capaces de reproducirse mediante reproducción vegetativa.

2.3.8 TRANSFERENCIA GENÉTICA

La transferencia genética puede ser definida como la incorporación de genes dentro del conjunto de genes de una población a otra o a más poblaciones. Este movimiento de genes es la mayor determinante de la estructura genética en las poblaciones naturales.

La transferencia genética es fuertemente influenciada por la biología de las especies y es probable que varíe con diferentes sistemas de mejoramiento, fenología de la planta y modos de polinización.

2.4 CULTIVO DEL MAÍZ

2.4.1 FOTOSÍNTESIS

El maíz es una planta de naturaleza fotosintética C₄, por ello tiene o muestra una alta tasa de actividad fotosintética lo que hace de ella una planta con el más alto potencial de producción de carbohidratos por unidad de superficie por día. Es una planta facultativamente de días largos y florece en un rango de temperatura mayor a 20° C. en el ambiente al que está adaptada. La naturaleza fotosintética del maíz le concede a esta especie un gran rango de adaptación a diferentes ambientes ecológicos del mundo (Crafts-Brandner y Salvucci, 2002).

2.4.2 CLIMA Y SUELO

El maíz es una planta tropical que no resiste las heladas, sin embargo el cultivo puede llegar a su madurez si la temperatura promedio es cercana a 24° C, durante su ciclo vegetativo, aún en áreas con vientos fríos en el invierno. Recientemente se han obtenido en laboratorios e invernaderos de Centros de investigación en USA, líneas resistentes al frío cuyas semillas germinan cuando el

suelo y las temperaturas del aire son de aproximadamente 5° C (Revilla y *col.*, 2000).

Las condiciones climáticas óptimas para el cultivo de maíz en países tropicales, implican una cantidad limitada de lluvias al principio del ciclo vegetativo, una disminución gradual de la lluvia hasta el tiempo de la cosecha y luminosidad abundante durante todo el ciclo (Ochse y *col.*, 1991).

2.4.3 FOTOPERÍODO

El maíz es una planta heliófila, de fotoperiodo corto y fotoperiodo largo en los cultivares sub tropicales, y en estaciones donde los días son largos a latitudes altas, las plantas crecerán tan altas que no tendrán tiempo de formar semillas antes de que entre en senescencia. La magnitud de la influencia que tienen los días largos en el número de días que deben pasar antes que el maíz florezca es genéticamente prescrita y regulada por el sistema fitocrómico (Paliwall y *col.*, 2001).

Las variedades o poblaciones de maíz de fotoperiodo corto generalmente no desarrollan bien y dan muy bajo rendimiento bajo condiciones de fotoperiodo largo y viceversa (Chávez y *col.*, 2004).

2.4.4 MANEJO DEL CULTIVO

Si se dispone de agua para riego, el cultivo puede sembrarse durante los meses secos, y la cantidad de agua se debe regular de acuerdo con la recomendación precedente; al no disponerse de agua de riego, lo mejor que se puede hacer es producir el maíz durante el tiempo de lluvias. La temperatura rara vez constituye un factor decisivo excepto a grandes altitudes (Kiesselbach, 1998).

El maíz se desarrolla en suelos bien drenados y fértiles, un ejemplo serían los terrenos franco arenosos oscuros, bien aireados y profundos, que contengan abundante materia orgánica. La temperatura, la duración de la estación adecuada para el crecimiento y la del día, influyen considerablemente (Kiesselbach, 1998).

2.5 DIVERSIDAD GENÉTICA

En el mundo se produce un inmenso número de variedades de maíz, y todas tienen un número cromosómico básico (x) de 10. Estas variedades se dividen en nueve grupos, dos de los cuales *Zea mays* var. *japonica* (*Z. japonica*, *Z. japonica vittata*) y *Zea mays* var. *gracillima* (*Z. gracillima*, *Z. minima*) son maíces ornamentales. Las siete restantes que se describen enseguida, incluyen las formas de importancia económica y de amplia disseminación en Sudamérica (Levita, 2003).

2.5.1 Maíz tunicado, *Zea mays* var. *tunicata* (*Z. tunicata*)

Tiene los granos individualmente envueltos en brácteas. Se supone que está íntimamente relacionado con las formas originales y muy primitivas del maíz (Taba y col., 1997).

2.5.2 Maíz reventador, *Zea mays* var. *everta* (*Z. everta*)

Es ampliamente conocido en todo el mundo. Existen dos tipos principales las variedades llamadas “arroz”, con granos puntiagudos, y las variedades llamadas “perla” con granos redondeados, cada uno de los cuales está representado por una gran diversidad de formas (Taba y col., 1997).

2.5.3 Maíz ceroso, *Zea mays* L.

Tiene un endosperma suave y ceroso. Constituye un importante alimento en muchos países tropicales (Taba y col., 1997).

2.5.4 Maíz arenoso o harinoso, *Zea mays* var. *amylacea*.

Es producido en América Central y América del Sur; en el Perú se cultiva principalmente en las zonas altoandinas. La mayor parte de los granos contienen almidón suave en vez de almidón duro (Sevilla y Chura, 2002).

2.5.5 Maíz dulce, *Zea mays* var. rugosa (*Z. saccharata*)

Tiene un sabor más dulce que los otros tipos, ya que el endosperma tiene un alto contenido de azúcar además de almidón (Taba y col., 1997).

2.5.6 Maíz cristalino, *Zea mays* var. indurada (*Z. indurada*)

Tiene un endosperma duro, córneo, transparente. Generalmente las variedades de maíz cristalino maduran con precocidad (Taba y col., 1997).

2.5.7 Maíz dentado, *Zea mays* var. indentata (*Z. indentata*)

Constituye el tipo de mayor importancia el cual se cultiva más ampliamente en las zonas tropicales (Nigel y col., 1987).

2.6 VARIABILIDAD DEL MAÍZ EN EL PERÚ

2.6.1 RAZAS PERUANAS DEL MAÍZ

El número de razas de maíz de nuestro país, descritas, varía de 54 y 56 dependiendo de los criterios de clasificación que varía de autor en autor. La raza de maíz se define como un grupo de variedades con un buen número de características en común, que permite su reconocimiento como grupo. Genéticamente, un grupo es un conjunto de colecciones que comparte un número significativamente grande de genes en común (Gutiérrez-Rosati, 2006).

Sevilla (2003) afirma que el Perú tiene 51 razas de maíz. Indica también que en la sierra se encuentran 27 razas, mientras que en la selva existen sólo nueve.

Sanhuana y *col*, (2004) refiere la existencia de 52 razas, su clasificación presenta 6 grupos: Razas Primitivas, Razas de primera Derivación, razas de Segunda (Reciente) Derivación, Razas Introducidas. Razas Incipientes y un grupo de Razas no definidas.

Según Manrique (1997), en el Perú existen 55 grupos raciales, que según el grado de evolución van de las más primitivas a las más evolucionadas, conformando así la mayor fuente de diversidad genética del maíz en América.

Tabla 1. Agrupación de las variedades nativas en las razas peruanas de maíz en el Perú

COSTA	SIERRA	SELVA
Razas Primitivas		
-	Confite morocho (M) (S)	Enano (M) (S)
-	Confite puntiagudo (M) (S)	-
-	Confite puneño (M) (S)	-
-	Kully (M) (S)	-
Razas derivadas de las primitivas		
Mochero (M) (S)	Chullpi (M) (S)	Sabanero (M) (S)
Alazán (M) (S)	Huayleño (M) (S)	Piricinco (M) (S)
Pagaladroga (M) (S)	Paro (M) (S)	-
Rabo de zorro (M) (S)	Morocho (M) (S)	-
Chaparreño (M) (S)	Huancavelicano (M) (S)	-
Iqueño (M)	Ancashino (M) (S)	-
-	Shajatu (M) (S)	-
-	Piscorunto (M) (S)	-
-	Cuzco cristalino amarillo (M) (S)	-
-	Cuzco blanco (M) (S)	-
-	Granada (M) (S)	-
-	Uchuquilla (M) (S)	-
Razas de Segunda Derivación		
Huachano (M) (S)	San Jerónimo (M)	Chimlos (M) (S)
Chancayano (M) (S)	San Jerónimo - Huancavelicano (M) (S)	Marañon (M) (S)
Perla (M) (S)	Cuzcoi gigante (M) (S)	
Ricnda (M) (S)	Arequipeño (M) (S)	
Razas Introducidas		
Pardo (M) (S)	-	Alemán (M) (S)
Arizona (M) (S)	-	Chuncho (M) (S)
Colorado (M)		Cuba Yellow (M) (S)
Razas Incipientes		
Jora (M) (S)	Morado canteño (M) (S)	-
Coruca (M) (S)	Morocho cajabambino (M) (S)	-
Chancayano amarillo (M) (S)	Amarillo huancabamba (M)	-
Tumbesino (M)	Allajara (M)	-
Morochillo (M)	Huarmaca (M)	-
-	Blanco ayabaca (M)	-
-	Huanqueño (M)	-
-	Sarco (*) (S)	-
Razas no definidas		
Tumbesino (S)	Ajalcado (S)	Perilla (M) (S)
Colorado (S)	San Jerónimo (S)	-
Amarillo Huancabamba (S)	Sarco (M)	-
Huarcamaca (S)	-	-
Blanco Ayabaca (S)	-	-

(M) Clasificación según Ing. Manrique (1997): 55 razas

(S) Clasificación según Dr. Salhuana (2004): 52 razas

Fuente: Gutiérrez-Rosati, 2006

2.6.2 VARIEDADES LOCALES

Denominadas también variedades nativas o cultivares locales, se encuentran a lo largo de todo el país. Las variedades más importantes son: Mochero, Alazán, Pardo, Perla, Chancayano, Amarillo de Oro, Umutu, Morocho, San Jerónimo, Blanco del Cusco, Amarillo de Ancash, Terciopelo (Gutiérrez-Rosati, 2006).

Tabla 2. Variedades nativas más importantes

Variedad nativa	Usos	Área de adaptación	Área de cultivo (ha)
Alazán	Chicha	Costa norte	3 000
Mochero	Choclo	Costa norte	2 000
Perla	Chala	Costa central	4 000
Pardo	Choclo	Costa central	3 000
Chancayano	Choclo	Costa central	2 000
Blanco Cuatromeses	Choclo	Costa sur	2 000
Umutu	Cancha	Cajamarca	1 000
Umutu	Cancha	Sierra La Libertad	1 000
Blanco Imperial	Choclo	Cajamarca	5 000
Morocho	Mote	Cajamarca	5 000
Blanco	Choclo	Bambamarca	2 000
Blanco	Choclo	Ayabaca	1 000
Amarillo de Ancash	Cancha	Callejón de Huaylas	2 500
Terciopelo	Cancha	Sierra Ancash	500
Rojo Huarotambo	Cancha	Sierra Ancash	500
Morocho	Mote	Sierra central	8 000
San Jerónimo	Mote, choclo	Sierra central	8 000
Almidón	Mote	Ayacucho	8 000
Amarillo de Oro	Mote, chicha	Sierra sur	10 000
Blanco del Cusco	Mote, choclo	Sierra sur y central	10 000
Morado	Chicha Morada	Sierra baja / media	5 000

Fuente: Sevilla R, 2005

2.6.3 VARIEDADES MEJORADAS

Se denominan de esta forma, a aquellas variedades que se han generado usando métodos de mejoramiento genético convencional debidamente documentados, esto la diferencia de una variedad nativa (Gutiérrez-Rosati, 2006).

Tabla 3. Cultivares mejorados con mayor área de cultivo

Cultivar	Usos	Área de Adaptación	Área de Cultivo (ha)	Germoplasma Nativo (%)
PMC - 561	Choclo y mote	Ancash	400	50
PMC - 584	Choclo y mote	Sierra Alta	500	60
PMS - 636	Choclo	Sierra Alta Central	2 000	100
PMD - 638	Choclo	Sierra Alta Central	3 000	60
PMV - 662	Choclo y mote	Sierra Alta Central	5 000	100
PMV - 581	Chicha Morada	Sierra Baja y Costa	4 000	100
PMV - 582	Chicha Morada	Sierra Media y Alta	400	100
Amarillo Ancash	Cancha	Sierra Ancash	1 500	100
Opaco Huascarán	Opaco	Sierra Ancash Ayacucho Arequipa	10 000	40
PMS - 267	Opaco	Selva Alta	2 000	80
Choclero 101	Choclo	Sierra Alta	5 000	50
Choclero 201	Choclo	Sierra Media	500	90
Canchero 301	Cancha	Sierra Media	200	80
Canchero 401	Cancha	Sierra Baja	1 000	80
Morocho 501	Amarillo Duro	Sierra Media y Baja	2 000	70
Morocho 601	Amarillo Duro	Sierra Baja	6 000	60
INIA - 606	Choclo	Sierra Alta	1 000	60
Marginal 28 T	Amarillo Duro	Selva y Costa Norte	20 000	20

Fuente: Sevilla R., 2005

2.6.4 HÍBRIDOS

En el Perú los híbridos que se producen son sólo de grano amarillo duro y se cultiva más en la costa. Existe muy poca extensión de híbridos sembrada en la selva (Gutiérrez-Rosati, 2006).

- Híbridos Perla x Cuba. (Formados en el Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina, PCIM-UNALM)
- Híbridos de origen Caribeño.
- Híbridos con germoplasma de CIMMYT.
- Híbridos formados por empresas privadas extranjera.

2.7 IMPORTANCIA DEL MAÍZ

2.7.1 EN EL MUNDO

a. Producción

El maíz es cultivado en todo el mundo y una gran cantidad es producida cada año más que cualquier otro grano. Mientras que en los Estados Unidos se produce casi la mitad de toda la cosecha anual, otros países también están primeros en el ranking de producción, estos son China, Brasil,

Francia, Indonesia, India, Sudáfrica, México, Argentina, Italia. La producción mundial estuvo por encima de los 600 millones de toneladas métricas en el 2003, sólo un poco más que el arroz y el trigo. En el 2004 cerca de 33 millones de hectáreas de maíz fueron cultivadas en todo el mundo, con una producción valorada en más de 23 millones de dólares (www.wikipedia.org).

b. Usos

En Estados Unidos y Canadá, el uso del maíz primordialmente está destinado para la alimentación del ganado, forraje, ensilado o grano. Precisamente el grano tiene muchos usos industriales, incluido la transformación en plásticos, para obtener jarabes hidrolizándolo y tratándolo enzimáticamente particularmente el jarabe de maíz con alto contenido de fructuosa (www.wikipedia.org).

Puede ser también fermentado y destilado para la producción de alcohol de grano. Cada vez más el etanol es usado en bajas concentraciones (menos de 10%) como aditivo en la gasolina, lo que ahora se conoce como biocombustibles, que se obtiene gracias a la altos niveles de biomasa verde que puede alcanzar de la planta de maíz (Schmidt, 2005).

Como alimento humano el maíz representa el alimento principal en muchas regiones del mundo y el ingrediente básico en muchas comidas típicas y manifestaciones culturales.

2.7.2 EN EL PERÚ

a. Producción

El maíz en el Perú es el cultivo más importante, tanto por su área cultivada, la mayor del Perú, como por su impacto social.

Las principales regiones productoras de maíz duro son, en orden de importancia, Lima, La Libertad, Lambayeque, San Martín, la costa de Ancash, Ica, Piura, Loreto y Cajamarca (M. de Agricultura, 2002a).

Anualmente se siembra entre 200 000 y 250 000 hectáreas de maíz amiláceo. Casi todos los agricultores de la sierra baja media (hasta 3000 msnm) y un porcentaje muy alto de los agricultores de la sierra alta, (hasta 3500 msnm), siembran maíz amiláceo en aproximadamente la mitad de sus predios. La productividad del maíz amiláceo en la sierra varía de año en año. El efecto de años es muy importante, por eso el aumento de la productividad no siempre representa una mejora tecnológica (Develois y *col.*, 2003).

Casi todos los productores de maíz en el Perú son propietarios de sus propias tierras. Así podríamos decir de que si el cultivo es rentable, se puede suponer que aproximadamente un millón de familias obtienen sus ingresos, total o parcialmente del cultivo del maíz. Eso lo hace la actividad que más trabajo genera en el país (Ministerio de Agricultura, 2002a; 2002b).

En promedio, la productividad del maíz en el Perú ha crecido de 1,6 T/H en 1980 a 2,1 T/H en el 2002. Ese crecimiento progresivo se debe principalmente al aumento de la productividad en algunos valles de la costa y a la utilización de híbridos superiores y variedades mejoradas.

b. Usos

Casi todo el maíz amiláceo se destina para la alimentación humana directa. Los principales usos del maíz amiláceo son, en orden de importancia, mote, cancha, choclo, mote pelado, chochoca, humitas. El maíz amarillo duro se usa e alimentación de aves y cerdos; menores cantidades se usan en la industria para producir almidón y aceite o se cosecha la planta verde como forraje (chala).

El maíz que se produce en el país se destina aproximadamente a la alimentación humana (58,5%), a la alimentación animal (36,5%), a la industria (3,0%) y a semilla (2,0%). El consumo *per capita* del maíz en el Perú es 13,1 kg/año (Sevilla, 1990).

2.8 FACTORES AMBIENTALES QUE ORIGINAN ESTRESSES EN EL MAÍZ

2.8.1 ESTRÉS A BAJAS TEMPERATURAS

Las plantas que crecen en climas helados están bien adaptadas al congelamiento por bajas temperaturas, pero esta adaptación es más dirigida a la supervivencia que a una buena performance (producción cosechable). Un estrés sub-óptimo para el maíz provoca una reducción en el crecimiento o induce a un daño metabólico, celular y de los tejidos que resulta en la limitación del potencial de producción genéticamente determinado, causado como resultado de la exposición a temperaturas por debajo del límite de la actividad bioquímica y biofísica o de un desarrollo morfológico óptimo (Inzé y Van Montagu, 2002).

Las plantas de maíz que están sujetas a temperaturas por debajo de los 20°C estarán propensas a sufrir cambios fisiológicos y bioquímicos. El daño se incrementará de acuerdo a la duración y la severidad de las condiciones de enfriamiento. Por ejemplo plantas que crecen continuamente a 17/15°C (día/noche temperaturas) su crecimiento es seriamente retardado y su periodo vegetativo alargado. Además la interrupción de la membrana plasmática y la disminución de las actividades de las enzimas metabólicas (Hirt y Shinozaki, 2004).

2.8.2 RESPUESTA FISIOLÓGICA AL ESTRÉS A BAJAS TEMPERATURAS

El estrés fotooxidativo es considerado la causa principal del daño durante el estrés de congelamiento en especies sensibles al estrés de temperaturas bajas. La inhibición de la fotosíntesis es un primer evento durante el estrés a bajas temperaturas. En las condiciones óptimas de crecimiento, la energía absorbida por las hojas es usada primariamente para la asimilación de carbón en el proceso de fotosíntesis (Burdon, 1999). Cuando la plantas experimentan sub-óptimas temperaturas de crecimiento en el campo, la luz absorbida por las hojas no puede ser usada eficientemente por la fotosíntesis y se convierte en potencialmente dañina por el exceso de electrones reacciona con la abundante presencia de oxígeno (Taiz y Zeiger, 2006).

La fotoinhibición incrementa los niveles de H_2O_2 y los síntomas de estrés oxidativo producen daño a la membrana celular. También se incrementa el rango de electrones transportadores de O_2 (Smirnoff, 2005). Varios estudios confirman el cambio en las enzimas antioxidantes presentes en las plantas expuestas prolongadamente a bajas temperaturas. Se ha encontrado un incremento del ácido absícico y sobreexpresión de la enzima antioxidante SOD en plantas de maíz estresadas por bajas temperaturas (Inzé y Van Montagu, 2002).

2.8.3 RESPUESTA GENÉTICA AL ESTRÉS A BAJAS TEMPERATURAS

El proceso para tolerar bajas temperaturas es complejo, cambios celulares y metabólicos que ocurren durante la aclimatación al frío incluye también también el incremento en los niveles de azúcares, proteínas solubles (algunas con actividad crioprotectora), así como también la aparición de isoformas de proteínas y la alteración de la composición lipídica de la membrana (Burdon, 1999).

Muchos de estos acontecimientos están regulados por cambios en la expresión de los genes de respuestas a bajas temperaturas (*Low-Temperature Responsive*, LTR, *genes*). La habilidad de aclimatarse para tolerar el frío está bajo control genotípico (Kang y Gauch, 1996).

Relativamente poco es conocido acerca de la función de los productos de los genes LTR. Algunos parecen ser isoformas de proteínas vitales tolerantes a bajas temperaturas. Otros productos proteicos parecen participar en un rol crioprotección, posiblemente con propiedades similares a las proteínas anticongelantes (Hi y Palva, 2002).

Además de su activación por bajas temperaturas (o por estrés de sequía), un grupo significativo de plantas temperadas por los genes LTR son también reguladas por el *ácido abscísico* (ABA). Este regulador del desarrollo de la planta

es también conocido por inducir la tolerancia a bajas temperaturas en ciertas plantas (Burdon, 1999).

Un posible mecanismo que involucra la señal de transducción que se emana desde la membrana plasmática, los receptores del ABA implicados incrementan los niveles de Calcio en el citosol (Smirnov, 2005).

En adición a la habilidad de regular los genes LTR para afrontar el daño que provoca el congelamiento, muchos grupos de plantas en climas fríos manifiestan incremento en el grado de poliploidía. Ha sido especulado que esto puede haber llevado a un set de genes ricos comparativamente permitiendo que ciertas plantas se adapten más rápido a nuevos hábitats con estas condiciones climáticas (Burdon, 1999).

En resumen, mientras que la información considerable, está acumulándose considerando el amplio rango de los genes LTR y sus promotores, aún muy poco es conocido comparativamente considerando la función de sus productos (Hi y Palva, 2002).

2.9 MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL MAÍZ

2.9.1 MEJORAMIENTO GENÉTICO CONVENCIONAL

El mejoramiento del maíz comprende el ensamblaje del fenotipo y genotipo deseados en una sola planta y la mejora sistemática del cultivo controlándola a partir de la semilla sexual. Es indudable que ha habido mejoramiento en el maíz desde las épocas más antiguas de su domesticación y cultivo, tanto a través de la selección natural como una selección objetiva hecha por el hombre. Muchas de las variedades nativas se han formado mediante un trabajo de selección realizado por los propios agricultores.

A principios de siglo pasado ya siendo bien conocida la práctica del mejoramiento convencional del maíz, y gracias a los estudios realizados en las ciencias que sirven de herramientas bases para el mejoramiento de plantas como son la fisiología, citología y genética, etc. (Wallace y Yan, 1998); es que se empieza a mejorar el maíz con metodología más aplicada y dirigida obteniéndose así variedades mejoradas, híbridos superiores, etc. Los métodos de mejoramiento del maíz pueden agruparse en cinco categorías generales, las cuales pueden traslaparse (Jugenheimer, 1987):

- Selección Masal
- Selección Mazorca por Surco

- Hibridación Intervarietal
- Variedades Sintéticas o Compuestos, Cruzas Múltiples
- Híbridos de Entre Líneas Puras

Para el mejoramiento genético del maíz se cuenta con una gran diversidad y variado germoplasma, bien documentado, y hay aproximadamente 100 000 accesiones en los bancos de germoplasma de maíz a nivel mundial esperando por su evaluación y utilización. En este germoplasma se puede encontrar genes de adaptación a las diversas zonas agroecológicas en donde crece el maíz actualmente, y esta inmensa variabilidad genética, permite los éxitos del mejoramiento en maíz, para el beneficio de la humanidad (Chávez, 1995).

En el Perú, especialmente en el ecosistema andino, la variabilidad del maíz es enorme, en muchos factores que permiten y permitirán el incremento de genotipos élites, mediante el trabajo de mejora genética para las tres regiones naturales del todo el territorio (Chávez *y col.*, 2005)

En la actualidad las mejoras que se realizan específicamente en maíz abarcan una serie de factores, entre ellos y el más importante es la obtención de una buena producción de grano y choclos, aunque también se están realizando bastantes esfuerzos en incrementar también la biomasa de la planta de maíz,

utilizada para ensilaje y obtener biocombustible (maíz energético), en acuerdo con la corriente ecológica implantada en este siglo (Schmidt, 2005).

Para obtener una buena producción y biomasa verde en el periodo vegetativo de la planta de maíz, es fundamental que esta crezca en su ambiente óptimo, es decir, sin estreses por factores bióticos y abióticos, lo que es extremadamente difícil conseguir. Es por eso que las mejoras actuales se incrementan en estos puntos y así lograr la adaptación de la planta de maíz a estas adversidades ya sea por intermedio de la tolerancia o resistencia a mencionados factores (Schmidt, 2005).

La adaptación al igual que el rendimiento o buena producción, es un objetivo complejo, debido a que depende de muchas características de la planta. Algunos de los factores que afectan la adaptación son: (Chávez, 1995)

Abióticos

- Grado de fertilidad del suelo
- Suelos tóxicos (Bóricos, salinos, ácidos, alcalinos, etc)
- Temperaturas extremas.
- Sequías
- Humedad relativa muy alta o muy baja.

Bióticos

- Insectos (plagas)
- Ácaros
- Enfermedades fúngicas
- Enfermedades viróticas
- Enfermedades bacteriales

No son estos los únicos factores que determinan la adaptación de las plantas de maíz para un buen desarrollo y rendimiento, hay muchas otras características que directa o indirectamente pueden afectar al cultivo, pero sí son las más importantes en el campo de mejora genética y por las cuales se destinan los esfuerzos de investigación en este campo (Chávez, 1995).

2.9.2 MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL MAÍZ MEDIANTE BIOTECNOLOGÍA

Desde que el éxito de los programas de mejoramiento de plantas dependen en lo extenso en la variabilidad genética en la base de una población o germoplasma determinado, innovadoras propuestas necesitan ser incorporadas a los programas de mejoramiento para generar variabilidad genética y segregación favorable en orden de obtener cultivares con alta producción, ricos en proteínas y resistentes a enfermedades (Doussoulin y Chávez, 2002).

Durante la última década, progresos significativos se han logrado en la biotecnología del maíz (Smith y col., 2004):

- Regeneración de plantas y embriogénesis somática de tejidos *in vitro*, a nivel diploide y poliploide.
- Liberación de nuevos cultivares basado en la producción *in vitro* de haploides/diploides.
- Incremento de la frecuencia de hibridación a través del cultivo de embriones *in vitro*, y el uso de embriones somáticos para la multiplicación de la F1 en híbridos.
- Fertilización *in vitro* para tratamiento de incompatibilidad.
- Selección de clones somáticos con tolerancia a salinidad, frío, herbicidas y insecticidas, y aminoácidos análogos.
- Regeneración de plantas fértiles a partir de protoplastos, absorción del ADN.
- Conservación del germoplasma de maíz a través de la crioconservación.
- Incorporación de un gen deseado (transgen) a través de la transformación por bombardeo de partículas, co-cultivo de *Agrobacterium*,

electroporación, bajo voltaje de corriente, sonificación, etc, (Generación de plantas de maíz transgénicas).

- Aislamiento de líneas de células ricas en aminoácidos, e incremento del contenido proteico a través de transformación genética para mejoramiento nutricional.
- Los estudios en biología molecular han permitido un mejor entendimiento de las líneas masculinas de esterilidad citoplasmática, el rol del ADN citoplasmático y mitocondrial, isoenzimas y marcadores bioquímicos de diferenciación, tecnología de transposones, clonamiento de genes, etc.

Capítulo III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE EXPERIMENTACIÓN

3.1.1 UBICACIÓN Y ÉPOCA DEL EXPERIMENTO

Se ejecutó en el campo experimental agrícola de Circa, ubicado en la sierra semiárida de la provincia de Tarata, departamento de Tacna. Geográficamente se localiza en las vertientes occidentales de los Andes del Sur del Perú, en las coordenadas 17°28'24" de latitud sur y 70°01'51.8" de longitud Oeste y a una altitud de 3 300 m.s.n.m. La zona de estudio está situada sobre una colina de terreno ondulado, entre en altiplano pequeño y el desierto del Pacífico, cerca de la frontera con Bolivia a 89 kilómetros de la ciudad de Tacna, mediante un sistema tradicional de cultivo por andenería.

La evaluación de las familias híbridas se llevó a cabo en desde Agosto del 2007 hasta Abril del año 2008. La temporada abarcó las épocas de finales del invierno, primavera del año en curso, verano y principios de otoño del siguiente año.

3.1.2 INSTALACIÓN DEL EXPERIMENTO

La etapa experimental de evaluación de las poblaciones de híbridos F1, obtenidos el de cruzamientos de un germoplasma de maíz de amplia base genética consistente en variedades nativas así como líneas sintéticas superiores, como progenitores masculinos y progenitores femeninos respectivamente. Estos cruzamientos se realizaron un año antes (temporada 2006 - 2007).

Las poblaciones híbridas F1 se sembraron en el campo experimental todas en una misma fecha, 10 de agosto del año 2007 y se cosecharon en una sola el 16 de abril del 2008.

3.1.3 CONDICIONES AMBIENTALES (SENAMHI)

3.1.3.1 Condiciones edáficas

Los suelos de Tarata presentan perfiles heterogéneos poco desarrollados entre 30 – 60 cm de profundidad, utilizan andenería para el cultivo acorde con la topografía del terreno, que es ondulante y con presencia de quebradas. Territorio de uso agrícola.

Sin afloramientos rocosos, no hay interferencia con el laboreo, presenta pasto con matorral disperso, ligeramente pedregoso, pocas gravas, poca materia orgánica y poca actividad biológica. Los suelos tienen un pH promedio de 7,1 y su textura es franco – arcillosa.

3.1.3.2 Parámetros meteorológicos

La provincia de Tarata presenta un clima seco y frío, con muy bajas precipitaciones pluviales a partir del mes de diciembre, enero febrero. Los datos meteorológicos se midieron en los meses durante se llevo a cabo la temporada de evaluación de las poblaciones híbridas F1 (2007-2008), y fueron obtenidos de la estación meteorológica CO-TARATA perteneciente al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) Dirección Regional Tacna – Moquegua.

3.1.3.3 Análisis de agua

Riego por gravedad con tecnología ancestral, proveniente del río Ticalaco en Tarata. El agua presenta un pH de promedio de 7,2.

3.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

El material genético constó de 14 poblaciones híbridas F1 obtenidas un año antes producto de los cruzamientos del germoplasma nativo y germoplasma de líneas sintéticas mejoradas. El material genético nativo se obtuvo de una extensa colección hecha en campo, por la autora del este trabajo, en el sur altoandino del Perú, a altitudes que fluctúan entre 3300 y 3850 m.s.n.m. y que abarcó las ciudades de Tarata (Tacna) y Anta (Cusco). Este germoplasma nativo fue utilizado como progenitor masculino (Narro *y col.*, 2003).

El germoplasma superior mejorado está constituido por líneas sintéticas mejoradas y proviene del banco de germoplasma de maíz de KWS SAAT AG Breeding Seed International Company, Einbeck, Alemania, donde seleccionaron 11 variedades sintéticas. Este germoplasma de maíz ingresó al Perú en el año 2006, cumpliendo con toda la reglamentación exigida por el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) del Ministerio de Agricultura del Perú.

Estos cruzamientos se realizaron también en el campo experimental de Circa, Tarata, a 3300 m.s.n.m. Y se hicieron bajo el método de Polinización cruzada (Jungeheimer,)

Tabla 4. Germoplasma de maíz utilizado en el experimento de hibridación

CODIGO CAMPO	LINEA O VARIEDAD	PROGENTTOR	ORIGEN
CT.01	PUCCO CENIZO	Masculino	Tarata, Tacna
CT.02	QUELLO DEL CUZCO AC	Masculino	Anta, Cuzco
CT.03	AMARILLO DE TARATA	Masculino	Tarata, Tacna
CT.04	AMARILLO GIGANTE	Masculino	Tarata, Tacna
CT.13	CENIZO PIZALA	Masculino	Tarata, Tacna
CT.14	CENIZO C (gigante)	Masculino	Tarata, Tacna
CT.15	QUELLO DEL CUZCO AO	Masculino	Anta, Cuzco
EL.01	KWS - SYN 01	Femenino	Einbeck, Alemania
EL.02	KWS - SYN 02	Femenino	Einbeck, Alemania
EL.03	KWS - SYN 03	Femenino	Einbeck, alemania
EL.04	KWS - SYN 04	Femenino	Einbeck, Alemania
EL.05	KWS - SYN 05	Femenino	Einbeck, Alemania
EL.06	KWS - SYN 06	Femenino	Einbeck, Alemania
EL.07	KWS - SYN 07	Femenino	Einbeck, Alemania
EL.08	KWS - SYN 08	Femenino	Einbeck, Alemania
EL.09	KWS - SYN 09	Femenino	Einbeck, Alemania
EL.10	KWS - SYN 10	Femenino	Einbeck, Alemania
EL.11	KWS - SYN 11	Femenino	Einbeck, Alemania

Fuente: Elaboración propia.

Las poblaciones híbridas F1 fueron utilizados como material de evaluación para comprobar los objetivos del presente trabajo, de demostrar la transferencia de las características de precocidad y tolerancia a bajas temperaturas.

Tabla 5. Germoplasma Híbrido de maíz utilizado en el experimento evaluativo

CÓDIGO DE CAMPO	HÍBRIDO F1
ECT.01	KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO
ECT.02	KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO
ECT.03	KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA
ECT.04	KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA
ECT.05	KWS-SYN 05 x CENIZO C
ECT.06	KWS-SYN 06 x CENIZO C
ECT.07	KWS-SYN 07 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO
ECT.08	KWS-SYN 07 x CENIZO C
ECT.09	KWS-SYN 08 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO
ECT.10	KWS-SYN 08 x AMARILLO TARATA
ECT.11	KWS-SYN 09 x AMARILLO TARATA
ECT.12	KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE
ECT.13	KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE
ECT.14	KWS-SYN 11 x QUELLO CUSCO AMARILLO CLARO

Fuente: Elaboración propia

3.3 MÉTODOS

3.3.1 ETAPAS DE DESARROLLO DEL MATERIAL INVESTIGADO

El material híbrido obtenido de los cruzamientos anteriormente mencionados, en el campo experimental de Circa, que estuvo constituido en 14 poblaciones que se evaluaron para las características fenotípicas de precocidad y tolerancia a bajas temperaturas.

3.3.2 MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO

3.3.2.1 Preparación del terreno

Se procedió a preparar el terreno ubicado en el campo experimental agrícola de Circa en la provincia de Tarata, Tacna; con el uso de caballos en cada uno de los andenes con el fin de incorporar el estiércol, retirando las malezas y aplicando herbicidas de hoja angosta para el control de la grama o “Kikuyo”, así mismo se aplicó insecticidas y fungicidas para controlar algunos agentes patógenos del suelo, etc. El terreno experimental fue acondicionado mediante aradura profunda y varios rastros, desterronado, nivelado, trazado de surcos, quedando en condiciones apropiadas para la siembra de la semilla.

El trazado del campo experimental consistió en marcar las líneas donde se hicieron los agujeros para plantar las semillas, utilizando pabito y cal.

3.3.2.2 Plantación de las semillas de maíz en campo

La siembra se realizó a mano, en terreno húmedo (previamente humedecido tres días antes). Se sembró tres semillas por agujero en el suelo. La una distancia de 30 cm entre plantas, y el agujero tuvo una profundidad de 10 cm y cada surco separado por 90 cm.

3.3.2.3 Manejo del riego

Los requerimientos hídricos del cultivo se suplieron a través del riego por gravedad, la cual se realizó cada 21 días (riego restringido) y hasta 15 días antes de la cosecha.

3.3.2.4 Deshierbo

La operación de deshierbo se efectuó manualmente en las siguientes fechas: 47, 100, 180 días después de la siembra, a fin de evitar la competencia con el cultivo por agua, luz y fertilizantes.

3.3.2.5 Fertilización

En la fertilización del cultivo se usó Urea, Nitrato de Amonio, Fosfato de Amonio y fue realizada con un nivel de 200 (N)-120 (P)-130 (K) de distribuido a través del ciclo vegetativo del cultivo, aplicando el 40% de la dosis de nutrientes en la fase vegetativa y el 60% en la fase reproductiva.

3.3.2.6 Control de enfermedades y plagas

En el campo experimental se registró la presencia de las siguientes plagas:

- Cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*)
- Gusano perforador de plantas tiernas (*Elasmopalpus lignosellus*)
- Mazorquero (*Heliothis zea*)

Se agregó Aldrin durante la siembra y una vez más después de 15 días de ella. Se agregó también oportunamente el Insecticida Lannate para controlar el ataque de las plagas más frecuentes.

3.3.2.7 Cosecha

La cosecha se realizó cuando el cultivo se encontraba en senescencia, es decir cuando el follaje estaba completamente seco, correspondiendo a nueve meses y medio de periodo vegetativo para los parentales nativos. Para los parentales femeninos a los siete meses. La cosecha de los híbridos F1 se realizó a los ocho meses.

Se cortó el riego a los 225 días, apresurando de este modo la senescencia de la planta y el secado uniforme de la mazorca, además de prevenir enfermedades fungosas.

La cosecha de cada variedad o híbrido F1 se llevó a cabo manualmente en forma separada surco por surco. Luego de ello se contó cuántas mazorcas por cruzamiento se obtuvieron.

3.3.3 VARIABLES EVALUADAS DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.3.1 Parámetros de evaluación de la tolerancia bajas temperaturas para las poblaciones progenitoras e híbridas F1 (Chávez y col., 2005)

Estos parámetros que se usaron están basados en descriptores que, evaluados en plantas de maíz durante su periodo vegetativo, determinan la tolerancia a bajas temperaturas.

Los métodos de evaluación fueron hechos en las mismas plantas durante su periodo vegetativo, mediante observación y comparación directa entre individuos pertenecientes a la misma población híbrida y entre cada una de las 14 poblaciones equivalentes a 14 tratamientos, utilizando mediciones en centímetros y la escala discontinua de reacción fenotípica usada en programas de mejoramiento genético de plantas cultivadas.

Las bajas temperaturas se presentaron en forma natural y espontánea, como es común en la zona y en el campo experimental, los datos climáticos fueron tomados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

(SENAMHI) Dirección Regional Tacna – Moquegua, mediante su estación meteorológica CO–TARATA.

- a. **Altura de la planta:** Esta evaluación consistió en medir la altura en centímetros de las plantas híbridas F1 cada aproximadamente 30 días, desde después de la siembra, hasta su máxima expresión de altura.

- b. **Vigor de planta:** La evaluación de vigor del follaje se realizó cada aproximadamente 30 días durante el periodo vegetativo de las plantas, desde después de la siembra, hasta la máxima expresión de vigor, utilizando la escala discontinua de reacción fenotípica usada en programas de mejoramiento genético de plantas cultivadas.

1 = Sin vigor

3 = Poco vigor

5 = Medianamente vigoroso

7 = Vigoroso

9 = Muy vigoroso

- c. **Producción de biomasa aérea:** La evaluación se realizó 146 d.d.s. La evaluación se realizó mediante la observación directa y comparación entre poblaciones. Se utilizó la escala discontinua de reacción fenotípica usada en programas de mejoramiento de cultivos.

- 1 = Muy baja producción de biomasa
- 3 = Baja producción de biomasa
- 5 = Mediana producción de biomasa
- 7 = Alta producción de biomasa
- 9 = Muy alta producción de biomasa

d. Rendimiento total de mazorca seca: Parámetro que indica la calidad de mazorca seca en las plantas de maíz, el rendimiento total se evaluó por la cantidad de buenas mazorcas secas, se muestreó cosechando las mazorcas secas y evaluando cuantas mazorcas secas hubo por población, expresadas en la escala discontinua de reacción fenotípica usada en programas de mejoramiento de cultivos.

- 1 = Muy bajo rendimiento de mazorca seca
- 3 = Bajo rendimiento de mazorca seca
- 5 = Regular rendimiento de mazorca seca
- 7 = Alto rendimiento de mazorca
- 9 = Muy alto rendimiento de mazorca

3.3.3.2 Evaluación de la precocidad (Chávez y col., 2005)

Los parámetros de evaluación para determinar la precocidad en las poblaciones híbridas F1, son aquellos descriptores que en comparación con el tiempo en que se muestran y se expresan fenotípicamente nos proporcionaron los datos respectivos para la evaluación de dicho carácter.

Sabiendo que el periodo vegetativo normal de los cultivos de maíz en la zona experimental (de 9 a 10 meses de periodo vegetativo) se procedió a contabilizar en días después de la siembra. El método utilizado fue de evaluación en el tiempo de las etapas fenológicas que marcan el cambio fisiológico de las plantas como son: floración, formación de mazorca, secado de mazorca y senescencia.

El método de evaluación fue de observación directa y contabilización de los días de la aparición de las diferentes etapas.

- a. **Aparición de la inflorescencia masculina (días después de la siembra-d.d.s):** Se llevó a cabo una única evaluación en el primer momento de la floración de la espiga inmadura.
- b. **Aparición de inflorescencia femenina (días después de la siembra-d.d.s):** Se realizó también una única evaluación en la primera aparición de los estilos (“cabellos”) inmaduros.

- c. **Evaluación de la formación de mazorca choclo (días después de la siembra-d.d.s):** Luego de la polinización, se evaluó la formación de mazorca cuando estuvo en el estadio de choclo, aproximadamente un mes y medio después de la fertilización.
- d. **Evaluación de la formación de mazorca seca (días después de la siembra-d.d.s):** Después de aproximadamente un mes de la formación de choclo, se procedió a la evaluación de mazorcas secas en todas las poblaciones híbridas F1. La evaluación se hizo promediando los resultados por cada población de variedad, línea o híbrido.
- e. **Evaluación de senescencia total de la planta:** La evaluación de senescencia del follaje se realizó a los 225 y a los 250 d.d.s. (días después de la siembra) Todas las evaluaciones se hicieron siguiendo la escala discontinua de reacción fenotípica usada en programas de mejoramiento de cultivos, y luego promediando los datos por poblaciones de plantas.
- 1 = Planta en estado verde se encuentra en crecimiento vegetativo
 - 3 = Pérdida de vigor (30% de hojas senescentes)
 - 5 = Proceso de clorosis lento (50% de hojas senescentes)
 - 7 = Presenta quemaduras en las hojas y clorosis (80% de hojas senescentes)
 - 9 = Senescencia total y muerte de la planta.

3.3.3.3 Porcentaje de plantas precoces de las poblaciones híbridas F1 (progenie) evaluadas en campo (Chávez y col., 2005)

Este parámetro se evaluó en campo y consistió en cosechar en la fecha elegida a las poblaciones híbridas, y contabilizar las plantas precoces cosechadas, y promediar este dato con el total de plantas por población (de acuerdo con los datos de número total de plantas emergentes, que fue el total plantas con el que se trabajó durante todo el experimento, por población híbrida).

3.3.3.4 Porcentaje de plantas cosechadas con buena calidad de mazorca en las poblaciones híbridas (Chávez y col., 2005)

Durante la cosecha de cada población híbrida, obtenida de cada cruzamiento de la temporada pasada, se procedió a evaluar, separar y conservar las mazorcas de mejor calidad general, teniendo en cuenta las siguientes características:

- Llenado de grano
- Tamaño de mazorca,
- Número de hileras
- Número de granos por hilera.

Este parámetro evaluativo tiene como propósito medir fenotípicamente cuantas plantas de cada población de híbridos obtenidos de los cruzamientos anteriormente realizados (progenie), fueron tolerantes a las bajas temperaturas.

3.3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

En el presente estudio se realizó la cruce entre los progenitores previamente seleccionados por las características de: tolerancia a bajas temperaturas (material genético nativo), y precocidad (material genético sintético) para obtener híbridos para los caracteres deseados. Estas poblaciones de híbridos F1 fueron evaluados y comparados con los progenitores mencionados en las respuestas fenotípicas frente al frío y al tiempo vegetativo normal de las planta de maíz en las zonas altoandina, y comprobar la transferencia genética y su efecto en dicha progenie.

3.3.4.1 Cruzamientos o hibridaciones. (Chávez, 1995)

El diseño experimental de cruzamiento corresponde a un modelo polinización cruzada en lote o sector del campo experimental aislado utilizando despigamiento (progenitor femenino), de esta forma se sembraron todos los materiales en forma progresiva, alternando por cada cuatro surcos de plantas femeninas cuatro de masculinos, separando cada cruzamiento por una barrera

natural (plantación de *Vicia faba*). Se realizaron 14 cruzamientos o combinaciones.

Los 11 progenitores precoces, es decir las líneas sintéticas (progenitor femenino) fueron sembrados un mes después de la siembra de los progenitores tardíos, es decir, las siete variedades nativas (progenitor masculino) a fin de lograr una sincronización adecuada durante la floración de ambos progenitores. Todas las plantas o genotipos femeninos fueron emasculados al inicio del desarrollo de la inflorescencia masculina.

Tabla 6. Estrategia para los cruzamientos o hibridaciones

CÓDIGO DE CAMPO	PROGENITOR FEMENINO	x	PROGENITOR MASCULINO
ESCT01	KWS-SYN 01	x	PUCCO CENIZO
ESCT02	KWS-SYN 02	x	PUCCO CENIZO
ESCT03	KWS-SYN 03	x	CENIZO PIZALA
ESCT04	KWS-SYN 04	x	CENIZO PIZALA
ESCT05	KWS-SYN 05	x	CENIZO C
ESCT06	KWS-SYN 06	x	CENIZO C
ESCT07	KWS-SYN 07	x	QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO
ESCT08	KWS-SYN 07	x	CENIZO C
ESCT09	KWS-SYN 08	x	QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO
ESCT10	KWS-SYN 08	x	AMARILLO TARATA
ESCT11	KWS-SYN 09	x	AMARILLO TARATA
ESCT12	KWS-SYN 09	x	AMARILLO GIGANTE
ESCT13	KWS-SYN 10	x	AMARILLO GIGANTE
ESCT14	KWS-SYN 11	x	QUELLO CUSCO AMARILLO CLARO

Fuente: Elaboración propia

El mismo año donde se llevó a cabo los cruzamientos de ambos progenitores, se realizaron las evaluaciones para las variables de tolerancia a bajas temperaturas y precocidad, estos datos los utilizamos como el grupo control de comparación para la evaluación respectiva de las poblaciones híbridas F1.

De esta manera medimos las condiciones climatológicas, específicamente la temperatura, en ambas temporadas vegetativas, tanto la temporada de las cruces y evaluación de los progenitores como la de evaluación de las poblaciones híbridas, ya que esta medición era importante para darnos el resultado de la tolerancia de las poblaciones evaluadas a las bajas temperaturas. Luego también medimos o contabilizamos el tiempo fenológico de cada población, medición que nos dio el resultado para el comportamiento precoz o no de las poblaciones progenitoras como control y de las poblaciones híbridas F1 evaluadas.

3.3.4.2 Selección de Familia de Medios Hermanos (HSF). (Chávez, 1995)

Tabla 7. Modelo de la estrategia de selección de Familia de Medios Hermanos (HSF) durante la cosecha de la primera temporada experimental

Progenitores Femeninos (PF) [Cosechados, Seleccionados]	Planta 1 ↓ Mazorca ↓ (HSF de PF x PM.1)	Planta 2 ↓ Mazorca ↓ (HSF de PF x PM.2)	Planta 3 ↓ Mazorca ↓ (HSF de PF x PM.3)	Planta 4 ↓ Mazorca ↓ (HSF de PF x PM.4)	Planta 5 ... Planta n ↓ Mazorca ... Mazorca ↓ (HSF de ... (HSF de PF x PM.5) PF x PM.n)
Progenitores Mascullinos (PM) [Cosechados, No seleccionados]	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 5 ... Planta n

Se seleccionó las mazorcas obtenidas del progenitor femenino conformando cada una de las mazorcas obtenidas, una familia de medios hermanos, codificada como (HSF), que luego se uso en la evaluación posterior.

3.3.4.3 Diseño para la evaluación de la F1 híbrida obtenida

De las mazorcas obtenidas por cada cruzamiento de escogieron cinco de ellas (cinco Familia de Medios Hermanos, HSF, por cruzamiento), las mejores por uniformidad de color, de tamaño de grano, así como las más grandes y vigorosas. Cada familia correspondió a un tratamiento, por lo tanto se trabajó con 14 tratamientos en campo, los cuales fueron codificados con el código de campo: "ECT." y el número correspondiente a cada tratamiento.

Se sembró en campo cinco surcos correspondientes a cada mazorca o HSF de cada tratamiento, y así se hizo sucesivamente con cada uno de ellos.

Tabla 8. Diseño experimental de la estrategia de evaluación los híbridos F1.

ANDEN I : N° SURCO	CÓDIGO DE CAMPO	HÍBRIDOS F1
1 - 5	ECT.01	KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO
6 - 10	ECT.02	KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO
11 - 15	ECT.03	KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA
16 - 20	ECT.04	KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA
ANDEN II : N° SURCO		
1 - 5	ECT.05	KWS-SYN 05 x CENIZO C
6 - 10	ECT.06	KWS-SYN 06 x CENIZO C
11 - 15	ECT.07	KWS-SYN 07 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO
16 - 20	ECT.08	KWS-SYN 07 x CENIZO C
ANDEN III : N° SURCO		
1 - 5	ECT.09	KWS-SYN 08 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO
6 - 10	ECT.10	KWS-SYN 08 x AMARILLO TARATA
11 - 15	ECT.11	KWS-SYN 09 x AMARILLO TARATA
16 - 20	ECT.12	KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE
ANDEN IV : N° SURCO		
1 - 5	ECT.13	KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE
6 - 10	ECT.14	KWS-SYN 11 x QUELLO CUSCO AMARILLO CLARO

Fuente: Elaboración propia

3.3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se llevó a cabo realizando el porcentaje de individuos precoces y tolerantes a bajas temperaturas, por población, usando los datos de individuos cosechados precoces y de mazorca de buena calidad totalmente seca que fue el indicativo de individuos tolerantes a bajas temperaturas.

Se contó el total de plantas cosechadas precoces y se restó por la cantidad de individuos, tardíos, sacando su porcentaje en base al total de la población de plantas por cada línea, variedad o híbrido F1.

De la misma forma se contó el total de plantas con buena calidad de mazorca seca, el resto fue el dato de plantas que no tenían buena calidad de mazorca y por lo tanto no tolerantes a las bajas temperaturas, obteniéndose el porcentaje en base al total poblacional por cada variedad, línea o híbrido F1.

$$C - a = b$$

$$C = \% \text{ total de plantas.}$$

a : número de individuos precoces / número de individuos con buena calidad de mazorca

b : número de individuos tardíos / número de individuos que no muestran buena calidad de mazorca

C : número total de plantas (población).

Capítulo IV

RESULTADOS

4.1 MEDICIÓN DE PARÁMETROS METEREOLÓGICOS

La medición de los parámetros meteorológicos se hizo en función de situar en el presente trabajo las condiciones climáticas que se dan en la zona y en las temporadas de la experimentación, esto nos dio el conocimiento de la realidad ambiental en cuanto a temperatura, precipitaciones, horas luz a los que estuvieron expuestas las poblaciones nativas y líneas mejoradas durante los cruzamientos, evaluación y durante la evaluación de las híbridas F1.

Se uso la medición de la temperatura alta, media y baja especialmente para comparar el nivel de tolerancia a las temperaturas bajas. Se evaluó en promedios mensuales desde el inicio del mes de siembra hasta el mes de la cosecha.

Estos datos fueron obtenidos de la estación meteorológica CO-TARATA perteneciente al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) Dirección Regional Tacna – Moquegua. Los siguientes datos están separados por temporadas evaluativas, la primera perteneciente a la temporada 2006-2007 (etapa de cruzamientos y evaluación de los progenitores como grupo de controles), y la

segunda perteneciente a la temporada 2007-2008 (etapa evaluativa de las poblaciones híbridas obtenidas de los cruzamientos anteriores).

a. Promedio temperatura máxima mensual (°C):

Las temperaturas máximas que se muestran, cuando se llevó a cabo la experimentación de cruzamientos, se observa que los meses que presentan los más altos rangos son agosto-2006 y enero-2007. En la etapa evaluativa de las poblaciones híbridas F1 las temperaturas máximas se registraron en los meses de setiembre, octubre y noviembre-2007.

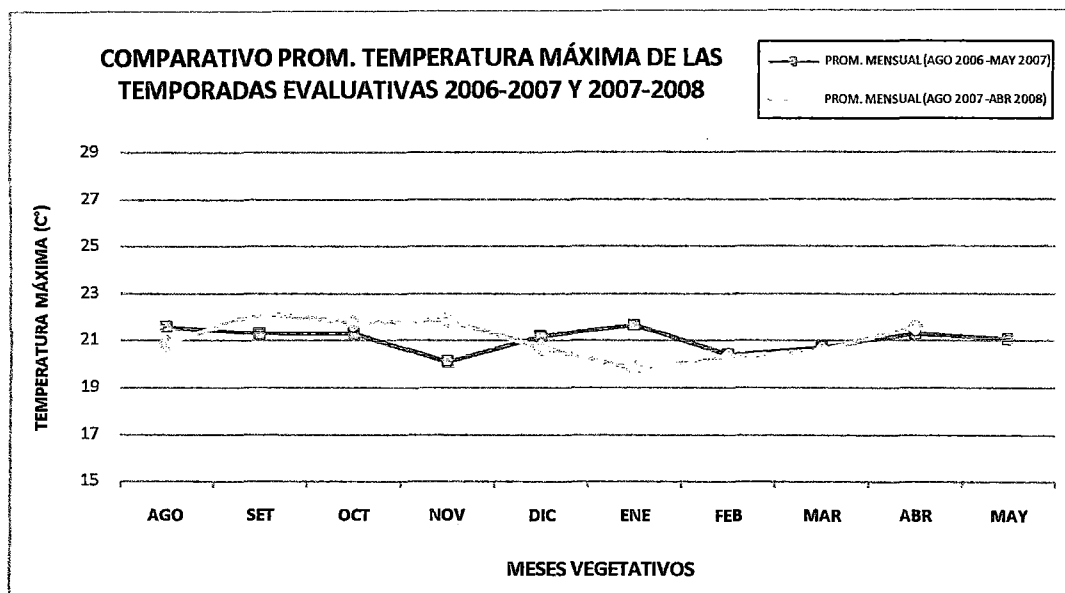


Figura 4. Temperatura máxima mensual durante la temporada evaluativa 2006-2007 de cruzamientos (♀ x ♂) y temporada de evaluación 2007-2008 de las poblaciones híbridas F1.

Fuente: Dirección Regional SENAMHI Tacna – Moquegua

b. Promedio temperatura mínima mensual (°C):

En la temporada experimental de cruzamientos se registraron las temperaturas mínimas menores durante los meses de abril y mayo -2007. En la etapa evaluativa de las poblaciones híbridas F1 el mes de abril-2008 registró la temperatura mínima menor.

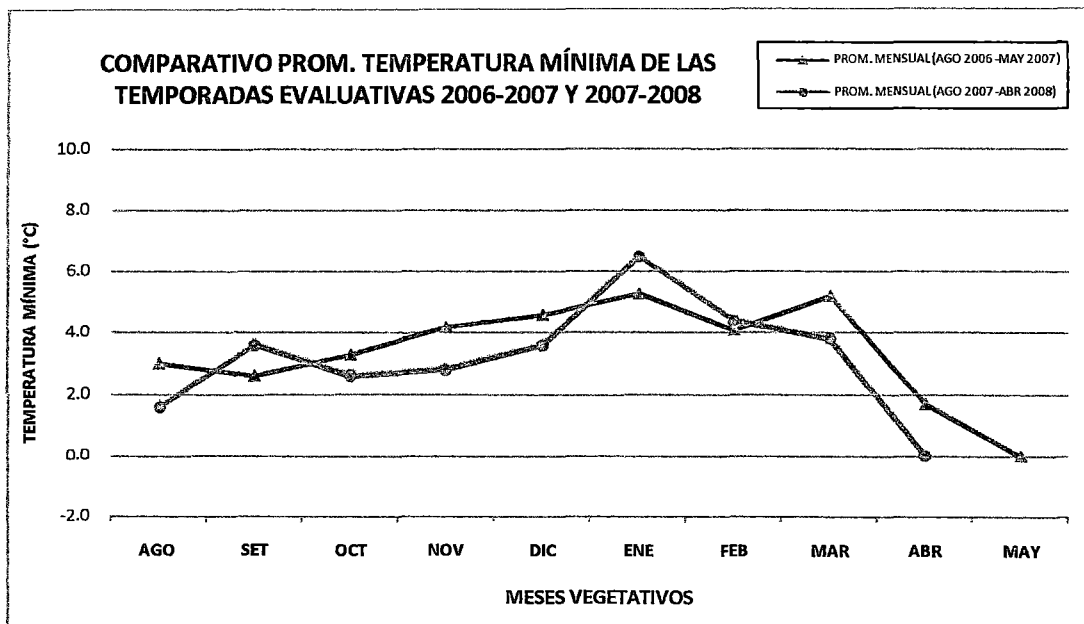


Figura 5. Temperatura mínima mensual durante la temporada evaluativa 2006-2007 de cruzamientos (♀ x ♂) y temporada de evaluación 2007-2008 de las poblaciones híbridas F1.

Fuente: Dirección Regional SENAMHI Tacna - Moquegua

c. Promedio temperatura media mensual (°C):

La temperatura media durante los meses del experimento de cruzamientos y también en la temporada evaluativa de las poblaciones híbridas F1, fueron constantes y similares en todos los meses, estas oscilaron alrededor de los 11 y 13 °C, lo cual demuestra la temperatura medianamente baja y constante de las zona donde se llevó a cabo la evaluación.

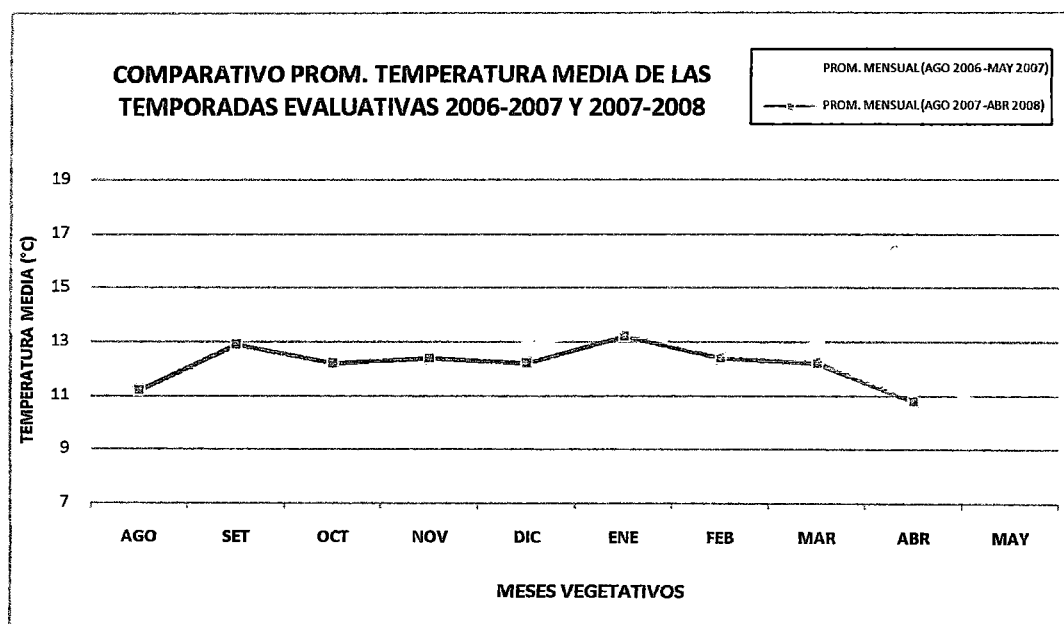


Figura 6. Temperatura media mensual durante la temporada evaluativa 2006-2007 de cruzamientos (♀ x ♂) y temporada de evaluación 2007-2008 de las poblaciones híbridas F1.

Fuente: Dirección Regional SENAMHI Tacna – Moquegua

d. Promedio precipitación total mensual (mm.):

El promedio de precipitación pluvial que se registró en la etapa experimental de cruzamientos, los máximos registros los presentaron los meses de enero, febrero y marzo-2007. En el experimento de evaluación de los híbridos F1 los máximos promedios de precipitaciones se registraron en los mismos meses que el experimento anterior, aunque el mes de enero-2008 registro un gran incremento.

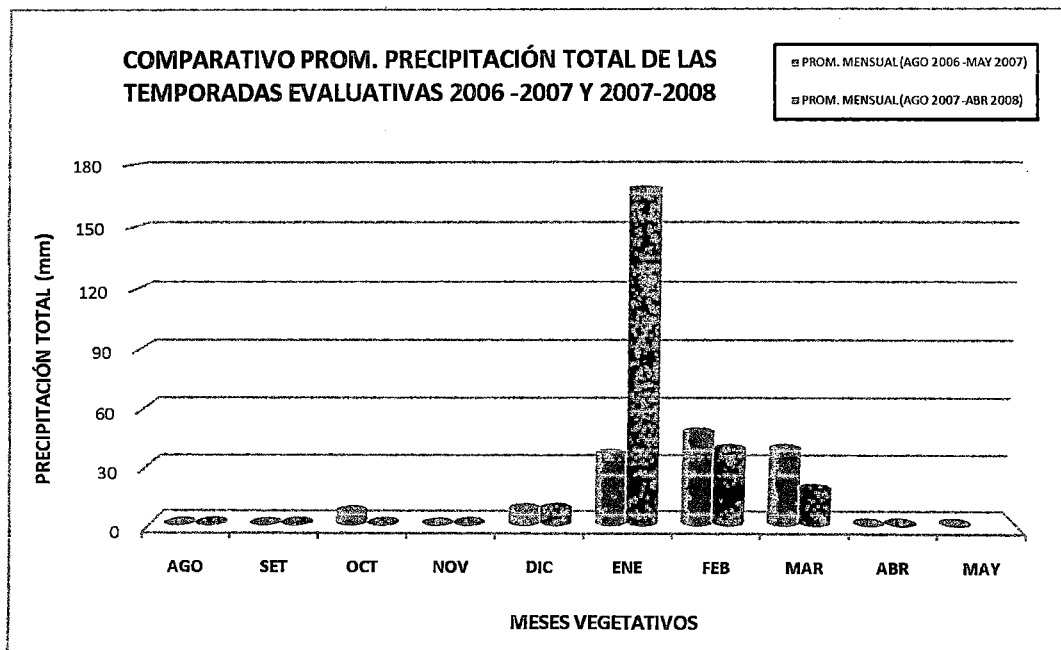


Figura 7. Precipitación total mensual durante la temporada evaluativa 2006-2007 de cruzamientos (♀ x ♂) y temporada de evaluación 2007-2008 de las poblaciones híbridas F1.

Fuente: Dirección Regional SENAMHI Tacna – Moquegua

e. **Promedio humedad relativa mensual (%):**

Los meses más húmedos tanto para la temporada de cruzamientos como para la temporada evaluativa de las poblaciones híbridas F1 fueron enero, febrero y marzo, coincidiendo con los meses que presentaron los máximos promedios de precipitación pluvial.

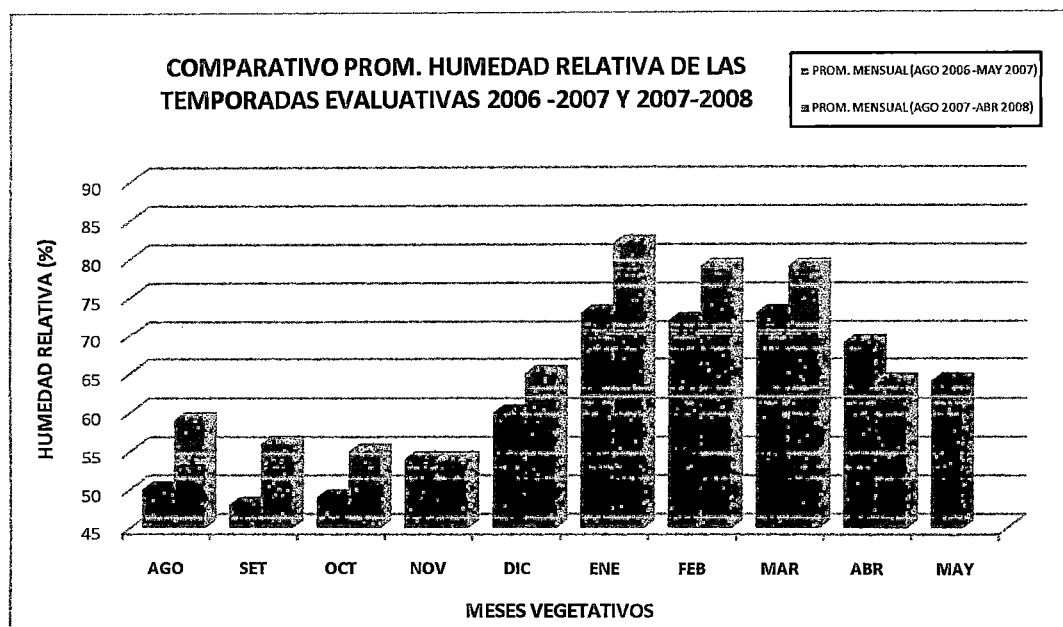


Figura 8. Humedad relativa mensual durante la temporada evaluativa 2006-2007 de cruzamientos (♀ x ♂) y temporada de evaluación 2007-2008 de las poblaciones híbridas F1.

Fuente: Dirección Regional SENAMHI Tacna – Moquegua

f. Promedio heliofania mensual (h/s):

Los parámetros de luz solar medidos en horas/sol, para la temporada de cruzamientos se registró en el mes de agosto-2006 se obtuvo el máximo promedio (10,7 h/s) y el mínimo (6,6 h/s) se obtuvo en el mes de marzo-2007. Para la etapa evaluativa de las poblaciones híbridas F1 se registró en el mes de agosto-2007 con el máximo promedio (10,8 h/s) y el mes de enero-2008 con el mínimo (5,8 h/s).

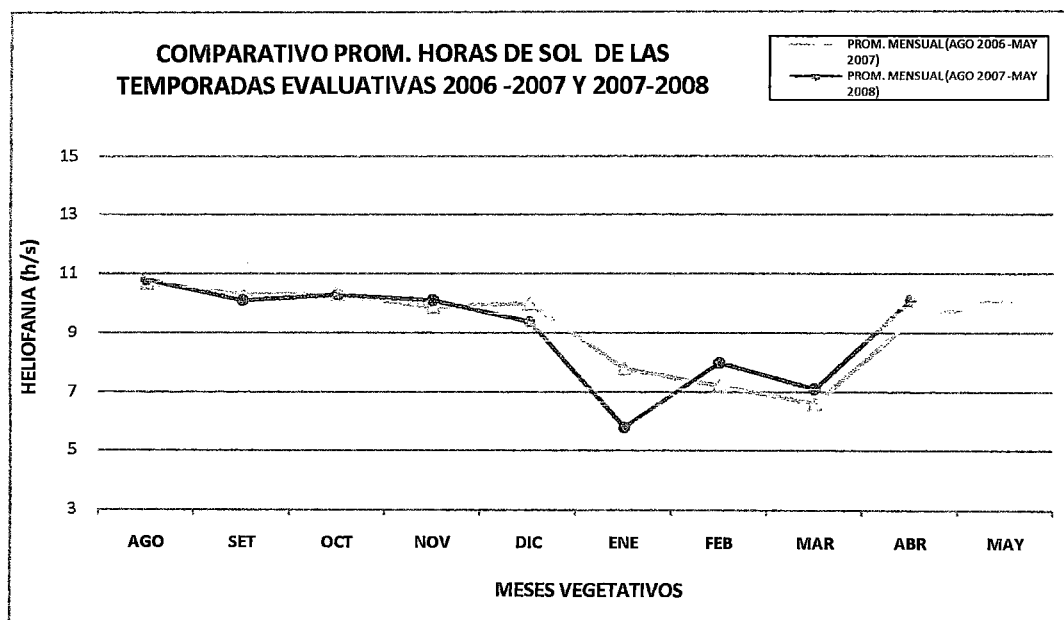


Figura 9. Heliofania mensual durante la temporada evaluativa 2006-2007 de cruzamientos (♀ x ♂) y temporada de evaluación 2007-2008 de las poblaciones híbridas F1.

Fuente: Dirección Regional SENAMHI Tacna – Moquegua

4.2 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN PARA TOLERANCIA A BAJAS TEMPERATURAS

4.2.1 ALTURA DE PLANTA

El parámetro de altura de planta fue evaluado cinco veces en diferentes fechas durante el periodo vegetativo de las plantas de maíz. Se trató de realizar las evaluaciones con aproximadamente un mes de diferencia entre una y la siguiente, hasta la última de ellas que muestra la máxima altura de las plantas. Se realizó un promedio por población, el cual fue el dato obtenido y registrado en las tablas siguientes.

Tabla 9. Altura (cm) de líneas sintéticas: Progenitores Femeninos

CÓDIGO	NOMBRE DE LA LÍNEA SINTÉTICA	E1 (35 d.d.s) \bar{x} (cm)	E2 (75 d.d.s) \bar{x} (cm)	E3 (115 d.d.s) \bar{x} (cm)	E4 (132 d.d.s) \bar{x} (cm)	E5 (170 d.d.s) \bar{x} (cm)
EL.01	KWS-SYN 01	30	95	120	160	160
EL.02	KWS-SYN 02	28	90	115	150	155
EL.03	KWS-SYN 03	35	100	130	158	162
EL.04	KWS-SYN 04	32	95	115	149	155
EL.05	KWS-SYN 05	25	93	117	157	160
EL.06	KWS-SYN 06	30	100	125	156	160
EL.07	KWS-SYN 07	28	92	119	155	157
EL.08	KWS-SYN 08	27	90	115	149	153
EL.09	KWS-SYN 09	30	97	128	152	155
EL.10	KWS-SYN 10	35	108	138	160	160
EL.11	KWS-SYN 11	33	100	125	156	160

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

En los valores obtenidos para la altura de las plantas, se puede observar que en cuanto a las líneas sintéticas mostraron alturas regulares, ninguna de ellas sobrepaso los 162 cm, en la última evaluación de la máxima altura alcanzada por las plantas.

Tabla 10. Altura (cm) de variedades nativas: Progenitores Masculinos

CÓDIGO	NOMBRE DE LA VARIEDAD NATIVA	E1 (65 d.d.s) \bar{X} (cm)	E2 (105 d.d.s) \bar{X} (cm)	E3 (145 d.d.s) \bar{X} (cm)	E4 (162 d.d.s) \bar{X} (cm)	E5 (200 d.d.s) \bar{X} (cm)
CT.01	PUCCO CENIZO	61	105	145	169	188
CT.13	CENIZO PIZALA	57	109	148	172	184
CT.14	CENIZO C	67	112	148	174	190
CT.15	QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	78	125	160	185	211
CT.03	AMARILLO TARATA	73	121	155	179	207
CT.04	AMARILLO GIGANTE	73	124	158	182	205
CT.02	QUELLO CUZCO AMARILLO CLARO	75	125	166	185	214

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

Las variedades nativas mostraron una muy buena altura como es usual por las zonas agroecológicas altoandinas tacneñas. Las dos variedades que obtuvieron los más altos valores evaluativos de altura fueron QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO (CT.15) y QUELLO CUZCO AMARILLO CLARO (CT.02), y fueron también las que registraron las alturas más altas en las cinco evaluaciones.

Tabla 11. Altura (cm) de Híbridos F1: Progenie

CÓDIGO	CRUZAMIENTO HÍBRIDO F1	E1 (37 d.d.s) \bar{X} (cm)	E2 (82 d.d.s) \bar{X} (cm)	E3 (124 d.d.s) \bar{X} (cm)	E4 (153 d.d.s) \bar{X} (cm)	E5 (190 d.d.s) \bar{X} (cm)
ECT.01	KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO	38	98	145	183	200
ECT.02	KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO	41	103	149	183	206
ECT.03	KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA	37	103	147	182	215
ECT.04	KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA	39	107	156	189	211
ECT.05	KWS-SYN 05 x CENIZO C	37	104	148	183	203
ECT.06	KWS-SYN 06 x CENIZO C	34	100	144	185	206
ECT.07	KWS-SYN 07 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	45	113	157	197	225
ECT.08	KWS-SYN 07 x CENIZO C	39	107	150	190	209
ECT.09	KWS-SYN 08 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	44	110	154	198	217
ECT.10	KWS-SYN 08 x AMARILLO TARATA	43	108	154	195	218
ECT.11	KWS-SYN 09 x AMARILLO TARATA	45	107	157	195	219
ECT.12	KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE	44	110	155	198	223
ECT.13	KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE	42	112	154	203	225
ECT.14	KWS-SYN 11 x QUELLO CUSCO AMARILLO CLARO	45	116	163	206	229

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

La mayoría de los híbridos F1 mostraron muy buena altura de planta. Los híbridos de las cruzas KWS-SYN 05 x CENIZO C (ECT.05), KWS-SYN 07 x QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO (ECT.07), KWS-SYN 08 x QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO (ECT.09), KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE (ECT.12) mostraron buena altura de planta, incluso mayor que sus progenitores masculinos (heterosis) que mostraron buena altura (variedades nativas).

Tabla 12. Comparativo entre poblaciones híbridas y sus respectivos progenitores en promedio de Altura de plantas en cm.

CÓDIGO COMPARATIVO DE EVALUACIÓN	CÓDIGO DE TRATAMIENTO	HÍBRIDO F1 LÍNEA SINTÉTICA VARIEDAD NATIVA	1era EVALUACIÓN X̄ (cm)	2da EVALUACIÓN X̄ (cm)	3era EVALUACIÓN X̄ (cm)	4ta EVALUACIÓN X̄ (cm)	5ta EVALUACIÓN X̄ (cm) (MÁXIMA EXPRESIÓN)
TR.01	ECT.01	KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO	38	98	145	183	200
	EL.01	KWS-SYN 01	30	95	120	160	160
	CT.01	PUCCO CENIZO	61	105	145	169	188
TR.02	ECT.02	KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO	41	103	149	183	206
	EL.02	KWS-SYN 02	28	90	115	150	155
	CT.01	PUCCO CENIZO	61	105	145	169	188
TR.03	ECT.03	KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA	37	103	147	182	215
	EL.03	KWS-SYN 03	35	100	130	158	162
	CT.13	CENIZO PIZALA	57	109	148	172	184
TR.04	ECT.04	KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA	39	107	156	189	211
	EL.04	KWS-SYN 04	32	95	115	149	155
	CT.13	CENIZO PIZALA	57	109	148	172	184
TR.05	ECT.05	KWS-SYN 05 x CENIZO C	37	104	148	183	203
	EL.05	KWS-SYN 05	25	93	117	157	160
	CT.14	CENIZO C	67	112	148	174	190
TR.06	ECT.06	KWS-SYN 06 x CENIZO C	34	100	144	185	206
	EL.06	KWS-SYN 06	30	100	125	156	160
	CT.14	CENIZO C	67	112	148	174	190
TR.07	ECT.07	KWS-SYN 07 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	45	113	157	197	225
	EL.07	KWS-SYN 07	28	92	119	155	157
	CT.15	QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	78	125	160	185	211
TR.08	ECT.08	KWS-SYN 07 x CENIZO C	39	107	150	190	209
	EL.07	KWS-SYN 07	28	92	119	155	157
	CT.14	CENIZO C	67	112	148	174	190
TR.09	ECT.09	KWS-SYN 08 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	44	110	154	198	217
	EL.08	KWS-SYN 08	27	90	115	149	153
	CT.15	QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	78	125	160	185	211
TR.10	ECT.10	KWS-SYN 08 x AMARILLO TARATA	43	108	154	195	218
	EL.08	KWS-SYN 08	27	90	115	149	153
	CT.03	AMARILLO TARATA	73	121	155	179	207
TR.11	ECT.11	KWS-SYN 09 x AMARILLO TARATA	45	107	157	195	219
	EL.09	KWS-SYN 09	30	97	128	152	155
	CT.03	AMARILLO TARATA	73	121	155	179	207
TR.12	ECT.12	KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE	44	110	155	198	223
	EL.09	KWS-SYN 09	30	97	128	152	155
	CT.04	AMARILLO GIGANTE	73	124	158	182	205
TR.13	ECT.13	KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE	42	112	154	203	225
	EL.10	KWS-SYN 10	35	108	138	160	160
	CT.04	AMARILLO GIGANTE	73	124	158	182	205
TR.14	ECT.14	KWS-SYN 11 x QUELLO CUSCO AMARILLO CLARO	45	116	163	206	229
	EL.11	KWS-SYN 11	33	100	125	156	160
	CT.02	QUELLO CUZCO AMARILLO CLARO	75	125	166	185	214

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

Véase en la tabla 12 que las poblaciones híbridas F1 se mostraron tan altas como las variedades nativas siendo éstas el control positivo, superando a sus otros progenitores (femeninos) que fueron los controles negativos en esta evaluación.

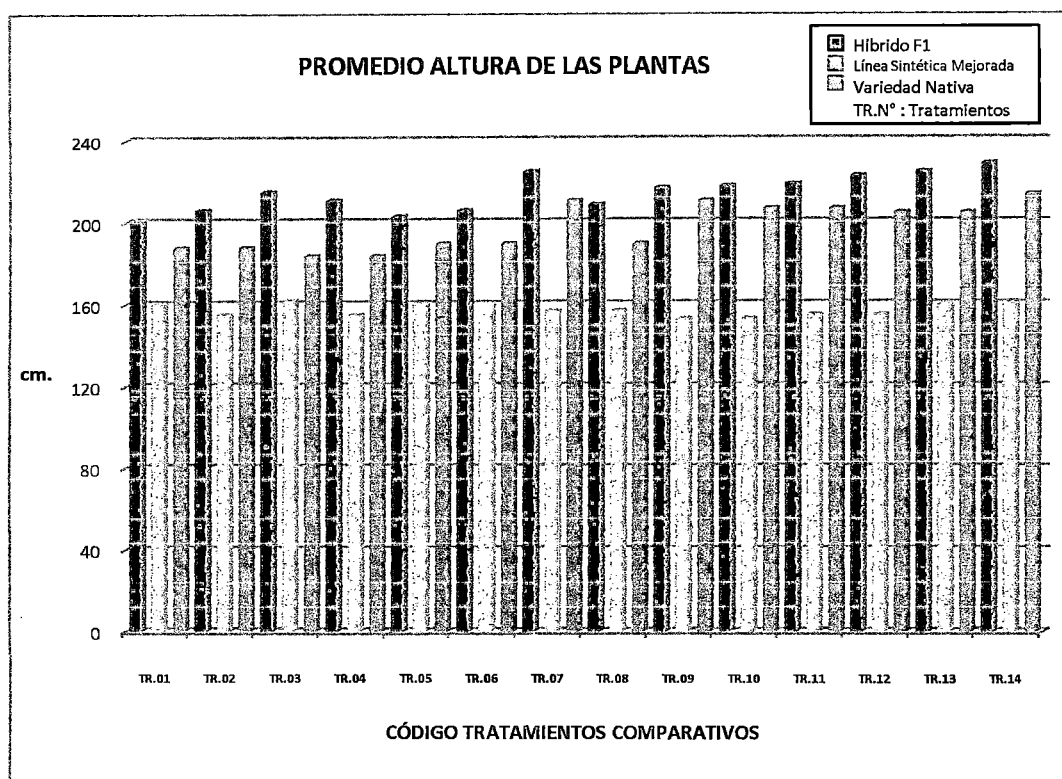


Figura 10. Evaluación de la altura (cm.) comparando cada población híbrida con su respectivo progenitor.

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

4.2.2 VIGOR DE PLANTA

Los valores de vigor de las plantas fueron obtenidos de cinco evaluaciones que se realizaron durante el periodo vegetativo de las poblaciones de maíz hasta la última evaluación de la máxima expresión de vigor de las plantas. Con los datos obtenidos se hicieron promedios por población, por cada evaluación y luego se promediaron todos los datos obtenidos de las cinco evaluaciones en un solo promedio total general. En la evaluación se usó la escala discontinua de reacción fenotípica usada en programas de mejoramiento de cultivos 1-3-5-7-9 (1= sin vigor y 9= muy vigoroso).

Tabla 13. Grados de vigor de líneas sintéticas: Progenitores Femeninos

CÓDIGO	NOMBRE DE LA LÍNEA SINTÉTICA	E1 (35 d.d.s) \bar{X}	E2 (75 d.d.s) \bar{X}	E3 (115 d.d.s) \bar{X}	E4 (132 d.d.s) \bar{X}	E5 (170 d.d.s) \bar{X}	\bar{X} TOTAL DE LA EXPRESIÓN DE MÁXIMO VIGOR
EL.01	KWS-SYN 01	3	5	5	5.5	7	5
EL.02	KWS-SYN 02	3	5	5	5	7	5
EL.03	KWS-SYN 03	3	5	5	5	5	5
EL.04	KWS-SYN 04	3	3.5	5	5	7	5
EL.05	KWS-SYN 05	1	3	3	5	3	3
EL.06	KWS-SYN 06	1	3	3	5	3	3
EL.07	KWS-SYN 07	3	5	5	5	5.5	5
EL.08	KWS-SYN 08	3	3	5	5	5	3
EL.09	KWS-SYN 09	3	5	5	5	5	5
EL.10	KWS-SYN 10	3	5	5	5	5	5
EL.11	KWS-SYN 11	3	5	5	5	5	5

Escala vigor de planta: 1-3-5-7-9 (1= sin vigor y 9= muy vigoroso)

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

Los datos que se muestran en la Tabla 13 para la evaluación de vigor entre las líneas sintéticas la mayoría de ellas mostraron un vigor regular durante todo el periodo vegetativo y que se muestra en el promedio total final. Las líneas KWS-SYN 05 (EL.05), KWS-SYN 06 (EL.06) y KWS-SYN 08 (EL.08) mostraron los niveles más bajos de poco vigor en las plantas que conformaban estas poblaciones.

Tabla 14. Grados de vigor de variedades nativas: Progenitores Masculinos

CÓDIGO	NOMBRE DE LA VARIEDAD NATIVA	E1 (65 d.d.s)	E2 (105 d.d.s)	E3 (145 d.d.s)	E4 (162 d.d.s)	E5 (200 d.d.s)	X TOTAL DE LA EXPRESIÓN DE MÁXIMO VIGOR
		\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}	
CT.01	PUCCO CENIZO	9	9	9	9	9	9
CT.13	CENIZO PIZALA	9	9	9	9	9	9
CT.14	CENIZO C	9	9	9	9	9	9
CT.15	QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	9	9	9	9	9	9
CT.03	AMARILLO TARATA	9	9	9	9	9	9
CT.04	AMARILLO GIGANTE	9	9	9	9	9	9
CT.02	QUELLO CUZCO AMARILLO CLARO	9	9	9	9	9	9

Escala vigor de planta: 1-3-5-7-9 (1= sin vigor y 9= muy vigoroso)

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

La Tabla 14 muestra los datos del promedio de vigor en las plantas de las poblaciones de las variedades nativas, todas las poblaciones mostraron plantas

muy vigorosas con la máxima calificación según la escala discontinua de reacción fenotípica. No hubo variabilidad entre ellas.

Tabla 15. Grados de vigor de Híbridos F1: Progenie

CÓDIGO	CRUZAMIENTO HÍBRIDO F1	E1 (37 d.d.s) X	E2 (82 d.d.s) X	E3 (124 d.d.s) X	E4 (153 d.d.s) X̄	E5 (190 d.d.s) X	X TOTAL DE LA EXPRESIÓN DE MÁXIMO VIGOR
ECT.01	KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO	9	9	9	9	9	9
ECT.02	KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO	9	9	9	9	9	9
ECT.03	KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA	9	9	9	9	9	9
ECT.04	KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA	9	9	9	9	9	9
ECT.05	KWS-SYN 05 x CENIZO C	9	9	9	9	9	9
ECT.06	KWS-SYN 06 x CENIZO C	9	9	9	9	9	9
ECT.07	KWS-SYN 07 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	9	9	9	9	9	9
ECT.08	KWS-SYN 07 x CENIZO C	9	9	9	9	9	9
ECT.09	KWS-SYN 08 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	9	9	9	9	9	9
ECT.10	KWS-SYN 08 x AMARILLO TARATA	9	9	9	9	9	9
ECT.11	KWS-SYN 09 x AMARILLO TARATA	9	9	9	9	9	9
ECT.12	KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE	9	9	9	9	9	9
ECT.13	KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE	9	9	9	9	9	9
ECT.14	KWS-SYN 11 x QUELLO CUSCO AMARILLO CLARO	9	9	9	9	9	9

Escala vigor de planta: 1-3-5-7-9 (1= sin vigor y 9= muy vigoroso)

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

Para las poblaciones híbridas F1, los promedios obtenidos para la evaluación del vigor (Tabla 15), que se realizó en cinco evaluaciones durante el periodo vegetativo de las plantas, hasta su máxima expresión de vigor, se muestra que no hay diferencias entre ellos y todos se muestran como muy vigorosos.

Tabla 16. Comparativo entre poblaciones híbridas y sus respectivos progenitores en el promedio de la expresión de máximo vigor.

CÓDIGO COMPARATIVO DE EVALUACIÓN	CÓDIGO DE TRATAMIENTO	HÍBRIDO F1 LÍNEA SINTÉTICA VARIEDAD NATIVA	X TOTAL DE LA EXPRESIÓN DE MÁXIMO VIGOR
TR.01	ECT.01	KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO	9
	EL.01	KWS-SYN 01	5
	CT.01	PUCCO CENIZO	9
TR.02	ECT.02	KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO	9
	EL.02	KWS-SYN 02	5
	CT.01	PUCCO CENIZO	9
TR.03	ECT.03	KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA	9
	EL.03	KWS-SYN 03	5
	CT.13	CENIZO PIZALA	9
TR.04	ECT.04	KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA	9
	EL.04	KWS-SYN 04	5
	CT.13	CENIZO PIZALA	9
TR.05	ECT.05	KWS-SYN 05 x CENIZO C	9
	EL.05	KWS-SYN 05	3
	CT.14	CENIZO C	9
TR.06	ECT.06	KWS-SYN 06 x CENIZO C	9
	EL.06	KWS-SYN 06	3
	CT.14	CENIZO C	9
TR.07	ECT.07	KWS-SYN 07 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	9
	EL.07	KWS-SYN 07	5
	CT.15	QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	9
TR.08	ECT.08	KWS-SYN 07 x CENIZO C	9
	EL.07	KWS-SYN 07	5
	CT.14	CENIZO C	9
TR.09	ECT.09	KWS-SYN 08 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	9
	EL.08	KWS-SYN 08	3
	CT.15	QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	9
TR.10	ECT.10	KWS-SYN 08 x AMARILLO TARATA	9
	EL.08	KWS-SYN 08	3
	CT.03	AMARILLO TARATA	9
TR.11	ECT.11	KWS-SYN 09 x AMARILLO TARATA	9
	EL.09	KWS-SYN 09	5
	CT.03	AMARILLO TARATA	9
TR.12	ECT.12	KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE	9
	EL.09	KWS-SYN 09	5
	CT.04	AMARILLO GIGANTE	9
TR.13	ECT.13	KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE	9
	EL.10	KWS-SYN 10	5
	CT.04	AMARILLO GIGANTE	9
TR.14	ECT.14	KWS-SYN 11 x QUELLO CUSCO AMARILLO CLARO	9
	EL.11	KWS-SYN 11	5
	CT.02	QUELLO CUZCO AMARILLO CLARO	9

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

Véase en la tabla 16 que todas las poblaciones híbridas F1 alcanzaron el máximo valor en la expresión de vigor de planta igualando cada una a sus respectivos progenitores masculinos (variedades nativas), y a su vez superando ampliamente a sus progenitores femeninos respectivos como se da con la población KWS-SYN 08 que en los dos cruzamientos obtiene la mínima evaluación de todos los grupos poblacionales.



Figura 11. Comparativo del promedio total de la expresión máxima de vigor entre las poblaciones híbrida F1 y sus respectivos progenitores.

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

4.2.2 PRODUCCIÓN DE BIOMASA AÉREA

La producción de biomasa aérea se logra cuando la planta ha completado su máximo crecimiento activo fisiológico, esto coincide con la máxima expresión de altura y vigor, generalmente en plantas de maíz esto sucede después de la polinización y durante la formación de la mazorca (Jugenheimer, 1987). De esta forma, se realizó una sola evaluación que coincidió con el tiempo de su máximo crecimiento total de la planta, realizándose promedios por población y usando la escala discontinua de reacción fenotípica.

Tabla 17. Grados de biomasa aérea de variedades sintéticas: Progenitores Femeninos

CÓDIGO	NOMBRE DE LA LÍNEA SINTÉTICA	X TOTAL PRODUCCIÓN DE BIOMASA AÉREA
EL.01	KWS-SYN 01	5
EL.02	KWS-SYN 02	5
EL.03	KWS-SYN 03	5
EL.04	KWS-SYN 04	5
EL.05	KWS-SYN 05	3
EL.06	KWS-SYN 06	3
EL.07	KWS-SYN 07	5
EL.08	KWS-SYN 08	3
EL.09	KWS-SYN 09	5
EL.10	KWS-SYN 10	5
EL.11	KWS-SYN 11	5

Escala Producción Biomasa Aérea: 1-3-5-7-9 (1= muy baja producción de biomasa y 9= muy alta producción de biomasa)

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

Los datos que muestra la Tabla 17 muestran que la producción de biomasa en general entre las líneas sintéticas es regular, con excepción de las líneas KWS-SYN 05 (EL.05), KWS-SYN 06 (EL.06) y KWS-SYN 08 (EL.08) que mostraron poca producción de biomasa aérea.

Tabla 18. Grados de biomasa aérea de variedades nativas: Progenitores Masculinos

CÓDIGO	NOMBRE DE LA VARIEDAD NATIVA	\bar{X} TOTAL PRODUCCIÓN DE BIOMASA AÉREA
CT.01	PUCCO CENIZO	9
CT.13	CENIZO PIZALA	9
CT.14	CENIZO C	9
CT.15	QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	9
CT.03	AMARILLO TARATA	9
CT.04	AMARILLO GIGANTE	9
CT.02	QUELLO CUZCO AMARILLO CLARO	9

Escala Producción Biomasa Aérea: 1-3-5-7-9 (1= muy baja producción de biomasa y 9= muy alta producción de biomasa)

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

La producción de biomasa aérea evaluada en las variedades nativas (Tabla 18) nos muestra que todas ellas muestran muy buena producción, con el valor más alto de la escala discontinua de reacción fenotípica, no hay variabilidad entre ellas para este parámetro evaluado.

Tabla 19. Grados de biomasa aérea de Híbridos F1: Progenie

CÓDIGO	CRUZAMIENTO HÍBRIDO F1	X TOTAL PRODUCCIÓN DE BIOMASA AÉREA
ECT.01	KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO	9
ECT.02	KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO	9
ECT.03	KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA	9
ECT.04	KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA	9
ECT.05	KWS-SYN 05 x CENIZO C	7
ECT.06	KWS-SYN 06 x CENIZO C	7
ECT.07	KWS-SYN 07 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	9
ECT.08	KWS-SYN 07 x CENIZO C	9
ECT.09	KWS-SYN 08 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	7
ECT.10	KWS-SYN 08 x AMARILLO TARATA	7
ECT.11	KWS-SYN 09 x AMARILLO TARATA	9
ECT.12	KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE	9
ECT.13	KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE	9
ECT.14	KWS-SYN 11 x QUELLO CUSCO AMARILLO CLARO	9

Escala Producción Biomasa Aérea: 1-3-5-7-9 (1= muy baja producción de biomasa y 9= muy alta producción de biomasa)

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

Los datos obtenidos del promedio de producción de biomasa aérea para los los híbridos F1 (tabla 19), presentan que varían entre alta y muy alta producción, pero dentro del marco evaluativo, en general, la performance de las poblaciones híbridas F1 para el parámetro de biomasa aérea fue sobresaliente.

Tabla 20. Comparativo entre poblaciones híbridas y sus respectivos progenitores en promedio de la producción de biomasa aérea.

CÓDIGO COMPARATIVO DE EVALUACIÓN	CÓDIGO DE TRATAMIENTO	HÍBRIDO F1 LÍNEA SINTÉTICA VARIEDAD NATIVA	\bar{X} TOTAL DE PRODUCCIÓN DE BIOMASA AÉREA
TR.01	ECT.01	KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO	9
	EL.01	KWS-SYN 01	5
	CT.01	PUCCO CENIZO	9
TR.02	ECT.02	KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO	9
	EL.02	KWS-SYN 02	5
	CT.01	PUCCO CENIZO	9
TR.03	ECT.03	KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA	9
	EL.03	KWS-SYN 03	5
	CT.13	CENIZO PIZALA	9
TR.04	ECT.04	KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA	9
	EL.04	KWS-SYN 04	5
	CT.13	CENIZO PIZALA	9
TR.05	ECT.05	KWS-SYN 05 x CENIZO C	7
	EL.05	KWS-SYN 05	3
	CT.14	CENIZO C	9
TR.06	ECT.06	KWS-SYN 06 x CENIZO C	7
	EL.06	KWS-SYN 06	3
	CT.14	CENIZO C	9
TR.07	ECT.07	KWS-SYN 07 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	9
	EL.07	KWS-SYN 07	5
	CT.15	QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	9
TR.08	ECT.08	KWS-SYN 07 x CENIZO C	9
	EL.07	KWS-SYN 07	5
	CT.14	CENIZO C	9
TR.09	ECT.09	KWS-SYN 08 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	7
	EL.08	KWS-SYN 08	3
	CT.15	QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	9
TR.10	ECT.10	KWS-SYN 08 x AMARILLO TARATA	7
	EL.08	KWS-SYN 08	3
	CT.03	AMARILLO TARATA	9
TR.11	ECT.11	KWS-SYN 09 x AMARILLO TARATA	9
	EL.09	KWS-SYN 09	5
	CT.03	AMARILLO TARATA	9
TR.12	ECT.12	KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE	9
	EL.09	KWS-SYN 09	5
	CT.04	AMARILLO GIGANTE	9
TR.13	ECT.13	KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE	9
	EL.10	KWS-SYN 10	5
	CT.04	AMARILLO GIGANTE	9
TR.14	ECT.14	KWS-SYN 11 x QUELLO CUSCO AMARILLO CLARO	9
	EL.11	KWS-SYN 11	5
	CT.02	QUELLO CUZCO AMARILLO CLARO	9

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

En la tabla 20 se observa que en cuanto a la evaluación de biomasa aérea la mayoría de las poblaciones híbridas mostraron las máximas evaluaciones superando a la líneas sintéticas mejoradas como progenitores femeninos e igual que sus progenitores masculinos, excepto las poblaciones KWS-SYN 05 x CENIZO C, KWS-SYN 06 x CENIZO C, KWS-SYN 08 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO y KWS-SYN 08 x AMARILLO DE TARATA que sus resultados fueron menores a los de sus progenitores masculinos pero mucho mayores a los de sus progenitores femeninos.

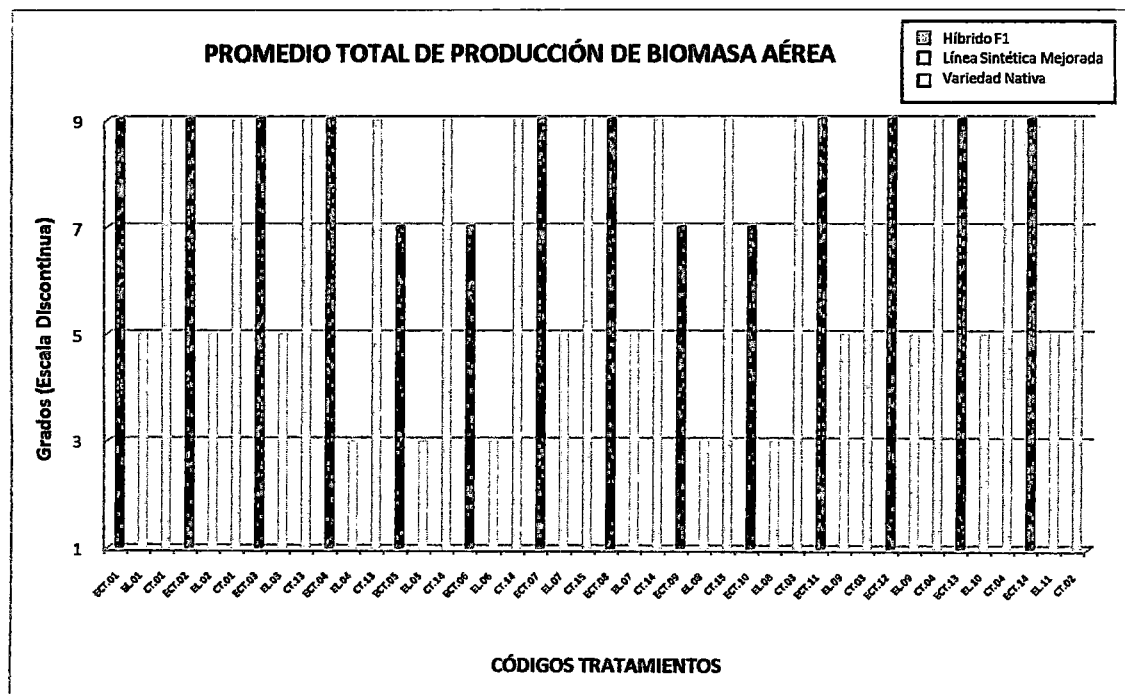


Figura 12. Comparativo del promedio total de producción de biomasa aérea entre las poblaciones híbridas F1 y sus respectivos progenitores.

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

4.2.3 RENDIMIENTO TOTAL DE MAZORCA SECA

Se evaluó el rendimiento total de mazorca seca y de buena calidad de las mismas, por cada planta, luego se hizo un promedio por población y la evaluación se hizo usando la escala discontinua de reacción fenotípica.

Tabla 21. Grados de rendimiento de mazorcas secas de variedades sintéticas: Progenitores Femeninos

CÓDIGO	NOMBRE DE LA LÍNEA SINTÉTICA	X TOTAL RENDIMIENTO DE MAZORCA SECA
EL.01	KWS-SYN 01	5
EL.02	KWS-SYN 02	5
EL.03	KWS-SYN 03	5
EL.04	KWS-SYN 04	3
EL.05	KWS-SYN 05	3
EL.06	KWS-SYN 06	3
EL.07	KWS-SYN 07	5
EL.08	KWS-SYN 08	3
EL.09	KWS-SYN 09	3
EL.10	KWS-SYN 10	5
EL.11	KWS-SYN 11	5

Escala Rendimiento de mazorcas secas: 1-3-5-7-9 (1= muy bajo rendimiento de mazorcas secas y 9= muy alto rendimiento de mazorcas secas)

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

La Tabla 21 muestran que las líneas sintéticas tuvieron un rendimiento de mazorca seca entre regular y de poco rendimiento, (es decir mazorcas con pocos granos, mazorcas pequeñas y deformes), como lo muestran las líneas KWS-SYN 04 (EL.04), KWS-SYN 05 (EL.05), KWS-SYN 08 (EL.08) y KWS-SYN 09 (EL.09), que son los que presentan los promedios más bajos en la evaluación.

Tabla 22. Grados de rendimiento de mazorcas secas de variedades nativas: Progenitores Masculinos

CÓDIGO	NOMBRE DE LA VARIEDAD NATIVA	X TOTAL RENDIMIENTO DE MAZORCA SECA
CT.01	PUCCO CENIZO	9
CT.13	CENIZO PIZALA	9
CT.14	CENIZO C	9
CT.15	QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	9
CT.03	AMARILLO TARATA	9
CT.04	AMARILLO GIGANTE	9
CT.02	QUELLO CUZCO AMARILLO CLARO	9

Escala Rendimiento de mazorcas secas: 1-3-5-7-9 (1= muy bajo rendimiento de mazorcas secas y 9= muy alto rendimiento de mazorcas secas)

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

Las variedades nativas (Tabla 22) muestran todas el más alto promedio de rendimiento de mazorca seca, de muy buen llenado, buen número y forma de grano. Todas mostraron muy buen rendimiento de mazorca seca.

Tabla 23. Grados de rendimiento de mazorcas secas de Híbridos F1: Progenie

CÓDIGO	CRUZAMIENTO HÍBRIDO F1	X TOTAL RENDIMIENTO DE MAZORCA SECA
ECT.01	KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO	9
ECT.02	KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO	9
ECT.03	KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA	9
ECT.04	KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA	9
ECT.05	KWS-SYN 05 x CENIZO C	5
ECT.06	KWS-SYN 06 x CENIZO C	5
ECT.07	KWS-SYN 07 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	9
ECT.08	KWS-SYN 07 x CENIZO C	5
ECT.09	KWS-SYN 08 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	5
ECT.10	KWS-SYN 08 x AMARILLO TARATA	7
ECT.11	KWS-SYN 09 x AMARILLO TARATA	5
ECT.12	KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE	9
ECT.13	KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE	7
ECT.14	KWS-SYN 11 x QUELLO CUSCO AMARILLO CLARO	7

Escala Rendimiento de mazorcas secas: 1-3-5-7-9 (1= muy bajo rendimiento de mazorcas seca y 9= muy alto rendimiento de mazorcas secas)

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

Observamos que en los resultados obtenidos para la evaluación de mazorca seca en los híbridos F1 (Tabla 23) algunos mostraron un muy buen rendimiento como lo son KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO (ECT.01), KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO (ECT.02), KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA (ECT.03), KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA (ECT.04), KWS-SYN 07 x QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO (ECT.07) y KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE (ECT.12). KWS-SYN 08 x AMARILLO DE TARATA (ECT.10), KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE (ECT.13), y KWS-SYN 11 (ECT.14), mostraron un buen rendimiento de mazorca seca. Los híbridos KWS-SYN 05 x CENIZO C (ECT.05),

KWS-SYN 06 x CENIZO C (ECT.06), KWS-SYN 07 x CENIZO C (ECT.08), KWS-SYN 08 x QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO (ECT.09) y KWS-SYN 09 x AMARILLO DE TARATA (ECT.11), mostraron un rendimiento sólo regular de mazorca seca.

Tabla 24. Comparativo entre poblaciones híbridas y sus respectivos progenitores en promedio de la producción de biomasa aérea.

CÓDIGO COMPARATIVO DE EVALUACIÓN	CÓDIGO DE TRATAMIENTO	HÍBRIDO F1 LÍNEA SINTÉTICA VARIEDAD NATIVA	X TOTAL DE RENDIMIENTO DE MAZORCA SECA
TR.01	ECT.01	KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO	9
	EL.01	KWS-SYN 01	5
	CT.01	PUCCO CENIZO	9
TR.02	ECT.02	KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO	9
	EL.02	KWS-SYN 02	5
	CT.01	PUCCO CENIZO	9
TR.03	ECT.03	KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA	9
	EL.03	KWS-SYN 03	5
	CT.13	CENIZO PIZALA	9
TR.04	ECT.04	KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA	9
	EL.04	KWS-SYN 04	3
	CT.13	CENIZO PIZALA	9
TR.05	ECT.05	KWS-SYN 05 x CENIZO C	5
	EL.05	KWS-SYN 05	3
	CT.14	CENIZO C	9
TR.06	ECT.06	KWS-SYN 06 x CENIZO C	7
	EL.06	KWS-SYN 06	5
	CT.14	CENIZO C	9
TR.07	ECT.07	KWS-SYN 07 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	9
	EL.07	KWS-SYN 07	5
	CT.15	QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	9
TR.08	ECT.08	KWS-SYN 07 x CENIZO C	5
	EL.07	KWS-SYN 07	5
	CT.14	CENIZO C	9
TR.09	ECT.09	KWS-SYN 08 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	5
	EL.08	KWS-SYN 08	3
	CT.15	QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	9
TR.10	ECT.10	KWS-SYN 08 x AMARILLO TARATA	7
	EL.08	KWS-SYN 08	3
	CT.03	AMARILLO TARATA	9
TR.11	ECT.11	KWS-SYN 09 x AMARILLO TARATA	5
	EL.09	KWS-SYN 09	3
	CT.03	AMARILLO TARATA	9
TR.12	ECT.12	KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE	9
	EL.09	KWS-SYN 09	3
	CT.04	AMARILLO GIGANTE	9
TR.13	ECT.13	KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE	7
	EL.10	KWS-SYN 10	5
	CT.04	AMARILLO GIGANTE	9
TR.14	ECT.14	KWS-SYN 11 x QUELLO CUSCO AMARILLO CLARO	7
	EL.11	KWS-SYN 11	5
	CT.02	QUELLO CUZCO AMARILLO CLARO	9

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

Los rendimientos de la poblaciones híbridas en su mayoría obtuvieron la máxima en la evaluación, al igual que las poblaciones nativas (progenitores masculinos) dentro de las que no alcanzaron a igualar a éstos últimos están KWS-SYN 06 x CENIZO C, KWS-SYN 08 x AMARILLO DE TARATA, KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE y KWS-SYN 11 x QUELLO CUSCO AMARILLO CLARO, que su evaluación es fue sólo buena. Todas las poblaciones híbridas superaron en calidad y rendimiento a sus progenitores femeninos.



Figura 13. Comparativo del promedio total de rendimiento de mazorca seca entre las poblaciones híbridas F1 y sus respectivos progenitores.

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

4.3 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE LA PRECOCIDAD

4.3.1 APARICIÓN DE LAS INFLORESCENCIAS MASCULINA Y FEMENINA

Se llevó a cabo una única evaluación en el momento de la aparición de la inflorescencia masculina (espiga inmadura) y de la inflorescencia femenina, para cada una de las poblaciones de líneas sintéticas y variedades nativas y luego, en su temporada evaluativa, para las poblaciones híbridas F1, promediándose los datos por población evaluada. Es preciso mencionar que, en el momento de la aparición de la inflorescencia masculina de las líneas sintéticas (progenitor femenino), y luego de su evaluación respectiva, se procedió a eliminarla de todas las plantas que conformaban dichas poblaciones, esto con el fin de evitar la autopolinización de estas plantas y asegurar de la polinización cruzada con el progenitor masculino (variedades nativas), para lograr las hibridaciones.

Tabla 25. Grados de formación de inflorescencia masculina de variedades sintéticas: Progenitores Femeninos

CÓDIGO	NOMBRE DE LA LÍNEA SINTÉTICA	APARICIÓN DE LA INFLORESCENCIA ♂ (d.d.s)	APARICIÓN DE LA INFLORESCENCIA ♀ (d.d.s)
EL.01	KWS-SYN 01	100	130
EL.02	KWS-SYN 02	105	130
EL.03	KWS-SYN 03	105	135
EL.04	KWS-SYN 04	100	130
EL.05	KWS-SYN 05	105	135
EL.06	KWS-SYN 06	105	135
EL.07	KWS-SYN 07	100	130
EL.08	KWS-SYN 08	105	135
EL.09	KWS-SYN 09	105	135
EL.10	KWS-SYN 10	100	130
EL.11	KWS-SYN 11	105	135

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

Como podemos observar en la tabla 25 la aparición de la inflorescencia masculina y femenina es precoz en promedio y a partir de los 100 días después de la siembra (d.d.s) para la inflorescencia masculina y en promedio de los 130 días después de la siembra (d.d.s) para la inflorescencia femenina.

Tabla 26. Grados de formación de inflorescencia masculina variedades nativas: Progenitores Masculinos

CÓDIGO	NOMBRE DE LA VARIEDAD NATIVA	APARICIÓN DE LA INFLORESCENCIA ♂ (d.d.s)	APARICIÓN DE LA INFLORESCENCIA ♀ (d.d.s)
CT.01	PUCCO CENIZO	160	185
CT.13	CENIZO PIZALA	160	185
CT.14	CENIZO C	160	185
CT.15	QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	165	190
CT.03	AMARILLO TARATA	160	185
CT.04	AMARILLO GIGANTE	165	190
CT.02	QUELLO CUZCO AMARILLO CLARO	165	190

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

Los datos obtenidos en la Tabla 26 se observa la aparición tardía de las inflorescencias masculina y femenina en las variedades nativas en promedio de los 160 y 185 días respectivamente, esto por el largo periodo vegetativo que muestran fenotípicamente estas variedades.

Tabla 27. Grados de formación de inflorescencia masculina Híbridos F1: Progenie

CÓDIGO	CRUZAMIENTO HÍBRIDO F1	APARICIÓN DE LA INFLORESCENCIA ♂ (d.d.s)	APARICIÓN DE LA INFLORESCENCIA ♀ (d.d.s)
ECT.01	KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO	130	155
ECT.02	KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO	130	155
ECT.03	KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA	130	155
ECT.04	KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA	130	155
ECT.05	KWS-SYN 05 x CENIZO C	135	160
ECT.06	KWS-SYN 06 x CENIZO C	135	160
ECT.07	KWS-SYN 07 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	135	160
ECT.08	KWS-SYN 07 x CENIZO C	130	152
ECT.09	KWS-SYN 08 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	135	155
ECT.10	KWS-SYN 08 x AMARILLO TARATA	130	152
ECT.11	KWS-SYN 09 x AMARILLO TARATA	130	152
ECT.12	KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE	130	160
ECT.13	KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE	135	160
ECT.14	KWS-SYN 11 x QUELLO CUSCO AMARILLO CLARO	135	160

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

En la Tabla 27 los datos de aparición de la inflorescencia masculina y femenina para las poblaciones híbridas F1 fue en promedio de los 130 días y a los 155 respectivamente. Ligeramente precoz que las variedades nativas, sus progenitores masculinos.

Tabla 28. Comparativo de la aparición de las inflorescencias masculinas y femeninas entre las poblaciones híbridas F1 y sus respectivos progenitores.

CÓDIGO COMPARATIVO DE EVALUACIÓN	CÓDIGO DE TRATAMIENTO	HÍBRIDO F1 LÍNEA SINTÉTICA VARIEDAD NATIVA	APARICIÓN DE LA INFLORESCENCIA ♂ (d.d.s)	APARICIÓN DE LA INFLORESCENCIA ♀ (d.d.s)
TR.01	ECT.01	KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO	130	155
	EL.01	KWS-SYN 01	100	130
	CT.01	PUCCO CENIZO	160	185
TR.02	ECT.02	KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO	130	155
	EL.02	KWS-SYN 02	105	130
	CT.01	PUCCO CENIZO	160	185
TR.03	ECT.03	KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA	130	155
	EL.03	KWS-SYN 03	105	135
	CT.13	CENIZO PIZALA	160	185
TR.04	ECT.04	KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA	130	155
	EL.04	KWS-SYN 04	100	130
	CT.13	CENIZO PIZALA	160	185
TR.05	ECT.05	KWS-SYN 05 x CENIZO C	135	160
	EL.05	KWS-SYN 05	105	135
	CT.14	CENIZO C	160	185
TR.06	ECT.06	KWS-SYN 06 x CENIZO C	135	160
	EL.06	KWS-SYN 06	105	135
	CT.14	CENIZO C	160	185
TR.07	ECT.07	KWS-SYN 07 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	135	160
	EL.07	KWS-SYN 07	100	130
	CT.15	QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	165	190
TR.08	ECT.08	KWS-SYN 07 x CENIZO C	130	152
	EL.07	KWS-SYN 07	100	130
	CT.14	CENIZO C	160	185
TR.09	ECT.09	KWS-SYN 08 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	135	155
	EL.08	KWS-SYN 08	105	135
	CT.15	QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	165	190
TR.10	ECT.10	KWS-SYN 08 x AMARILLO TARATA	130	152
	EL.08	KWS-SYN 08	105	135
	CT.03	AMARILLO TARATA	160	185
TR.11	ECT.11	KWS-SYN 09 x AMARILLO TARATA	130	152
	EL.09	KWS-SYN 09	105	135
	CT.03	AMARILLO TARATA	160	185
TR.12	ECT.12	KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE	130	160
	EL.09	KWS-SYN 09	105	135
	CT.04	AMARILLO GIGANTE	165	190
TR.13	ECT.13	KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE	135	160
	EL.10	KWS-SYN 10	100	130
	CT.04	AMARILLO GIGANTE	165	190
TR.14	ECT.14	KWS-SYN 11 x QUELLO CUSCO AMARILLO CLARO	135	160
	EL.11	KWS-SYN 11	105	135
	CT.02	QUELLO CUZCO AMARILLO CLARO	165	190

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

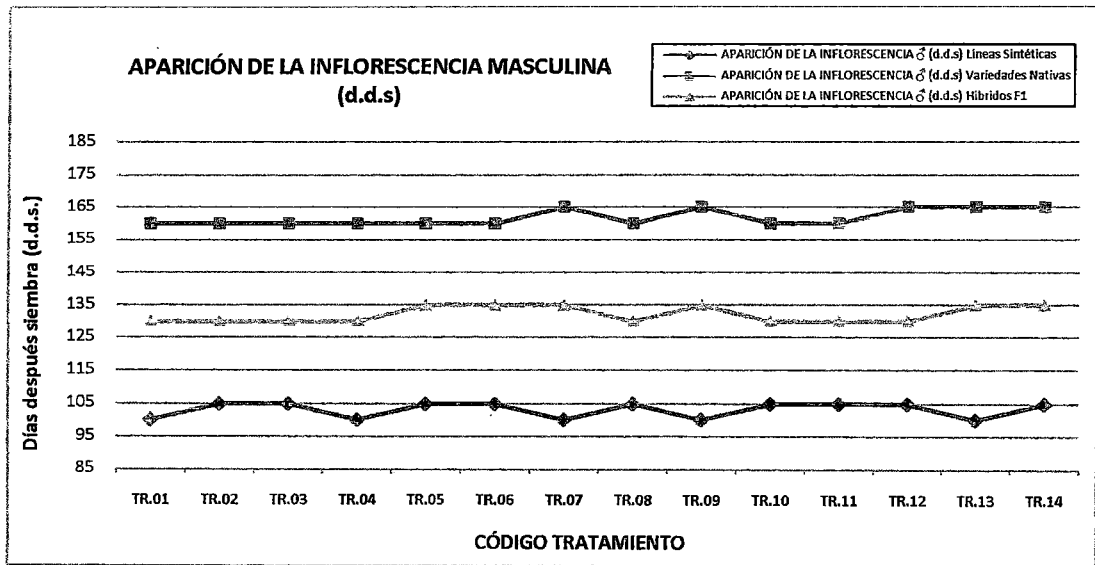


Figura 14. Comparativo de la aparición de la inflorescencia masculina (d.d.s.) entre las poblaciones Híbridas F1 y sus respectivos progenitores.

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

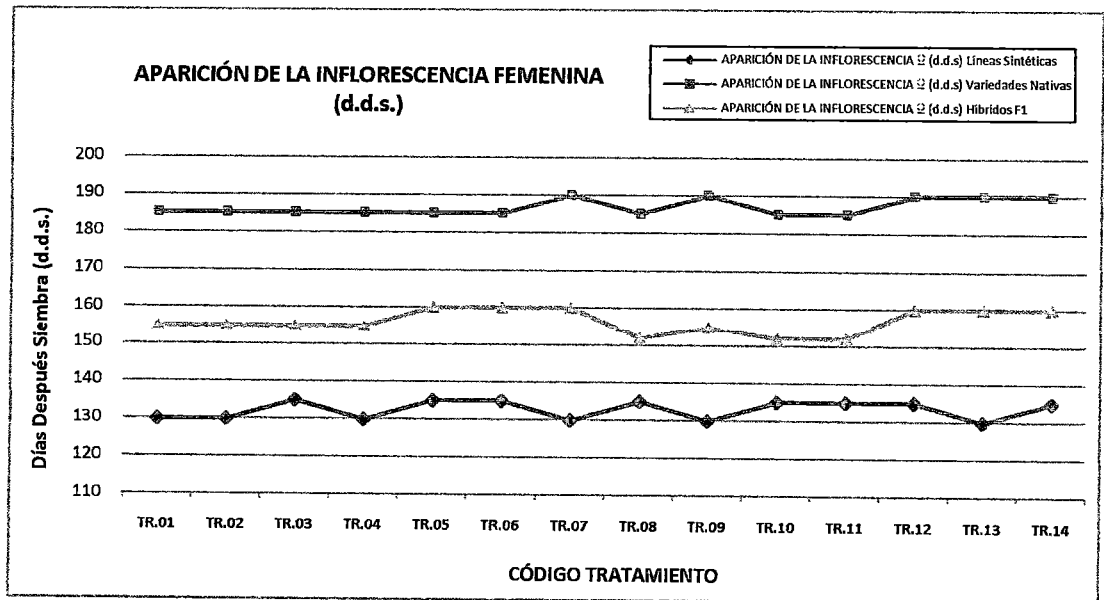


Figura 15. Comparativo de la aparición de la inflorescencia femenina (d.d.s.) entre las poblaciones Híbridas F1 y sus respectivos progenitores.

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

4.3.2 FORMACIÓN DE MAZORCA CHOCLO

Se realizó una sola evaluación de la aparición de la mazorca choclo, es decir, cuando después del llenado de la mazorca, los granos se encontraban con aspecto a la palpación blando y inmaduro. Se contabilizó en días después de la siembra (d.d.s.), promediándose los resultados por cada población evaluada.

Tabla 29. Formación de choclo de líneas sintéticas: Progenitores Femeninos

CÓDIGO	NOMBRE DE LA LÍNEA SINTÉTICA	FORMACIÓN DE MAZORCA CHOCLO (d.d.s)
EL.01	KWS-SYN 01	165
EL.02	KWS-SYN 02	165
EL.03	KWS-SYN 03	165
EL.04	KWS-SYN 04	172
EL.05	KWS-SYN 05	172
EL.06	KWS-SYN 06	172
EL.07	KWS-SYN 07	165
EL.08	KWS-SYN 08	172
EL.09	KWS-SYN 09	165
EL.10	KWS-SYN 10	165
EL.11	KWS-SYN 11	172

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

En los datos de la Tabla 29 se observa los resultados de la evaluación de la formación de mazorca choclo para las líneas sintéticas, las que no mostraron grandes diferencias, toda oscilan en promedio de 170 d.d.s.

Tabla 30. Formación de mazorca choclo de variedades nativas: Progenitores Masculinos

CÓDIGO	NOMBRE DE LA VARIEDAD NATIVA	FORMACIÓN DE MAZORCA CHOCLO (d.d.s)
CT.01	PUCCO CENIZO	240
CT.13	CENIZO PIZALA	240
CT.14	CENIZO C	240
CT.15	QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	247
CT.03	AMARILLO TARATA	245
CT.04	AMARILLO GIGANTE	245
CT.02	QUELLO CUZCO AMARILLO CLARO	247

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

Las variedades nativas, como se observa en la Tabla 30, mostraron un promedio de aparición de mazorca choclo a los 245 d.d.s., promedio normal para estas variedades en la zona donde se llevó a cabo la experimentación (Tarata). Dentro de su periodo vegetativo largo se muestra que la aparición de choclo es tardía casi aproximadamente dos meses después de la polinización.

Tabla 31. Formación de mazorca choclo de Híbridos F1: Progenie

CÓDIGO	CRUZAMIENTO HÍBRIDO F1	FORMACIÓN DE MAZORCA CHOCLO (d.d.s)
ECT.01	KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO	200
ECT.02	KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO	200
ECT.03	KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA	200
ECT.04	KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA	205
ECT.05	KWS-SYN 05 x CENIZO C	205
ECT.06	KWS-SYN 06 x CENIZO C	205
ECT.07	KWS-SYN 07 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	205
ECT.08	KWS-SYN 07 x CENIZO C	200
ECT.09	KWS-SYN 08 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	205
ECT.10	KWS-SYN 08 x AMARILLO TARATA	205
ECT.11	KWS-SYN 09 x AMARILLO TARATA	200
ECT.12	KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE	205
ECT.13	KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE	205
ECT.14	KWS-SYN 11 x QUELLO CUSCO AMARILLO CLARO	205

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

Los híbrido F1 como se muestran en la Tabla 31 sus promedios de formación de mazorca choclo oscilan entre los 200 a 205 d.d.s., nuevamente se aprecia que no fueron tan precoces como sus progenitores femeninos, pero no tan tardíos como los masculinos.

Tabla 32. Comparativo de la formación de mazorca choclo (d.d.s.) entre las poblaciones híbridas F1 y sus respectivos progenitores.

CÓDIGO COMPARATIVO DE EVALUACIÓN	CÓDIGO DE TRATAMIENTO	HÍBRIDO F1 LÍNEA SINTÉTICA VARIEDAD NATIVA	FORMACIÓN DE MAZORCA CHOCLO (d.d.s)
TR.01	ECT.01	KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO	200
	EL.01	KWS-SYN 01	165
	CT.01	PUCCO CENIZO	240
TR.02	ECT.02	KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO	200
	EL.02	KWS-SYN 02	165
	CT.01	PUCCO CENIZO	240
TR.03	ECT.03	KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA	200
	EL.03	KWS-SYN 03	165
	CT.13	CENIZO PIZALA	240
TR.04	ECT.04	KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA	205
	EL.04	KWS-SYN 04	172
	CT.13	CENIZO PIZALA	240
TR.05	ECT.05	KWS-SYN 05 x CENIZO C	205
	EL.05	KWS-SYN 05	172
	CT.14	CENIZO C	240
TR.06	ECT.06	KWS-SYN 06 x CENIZO C	205
	EL.06	KWS-SYN 06	172
	CT.14	CENIZO C	240
TR.07	ECT.07	KWS-SYN 07 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	205
	EL.07	KWS-SYN 07	165
	CT.15	QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	247
TR.08	ECT.08	KWS-SYN 07 x CENIZO C	200
	EL.07	KWS-SYN 07	165
	CT.14	CENIZO C	240
TR.09	ECT.09	KWS-SYN 08 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	205
	EL.08	KWS-SYN 08	172
	CT.15	QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	247
TR.10	ECT.10	KWS-SYN 08 x AMARILLO TARATA	205
	EL.08	KWS-SYN 08	172
	CT.03	AMARILLO TARATA	245
TR.11	ECT.11	KWS-SYN 09 x AMARILLO TARATA	200
	EL.09	KWS-SYN 09	165
	CT.03	AMARILLO TARATA	245
TR.12	ECT.12	KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE	205
	EL.09	KWS-SYN 09	165
	CT.04	AMARILLO GIGANTE	245
TR.13	ECT.13	KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE	205
	EL.10	KWS-SYN 10	165
	CT.04	AMARILLO GIGANTE	245
TR.14	ECT.14	KWS-SYN 11 x QUELLO CUSCO AMARILLO CLARO	205
	EL.11	KWS-SYN 11	172
	CT.02	QUELLO CUZCO AMARILLO CLARO	247

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

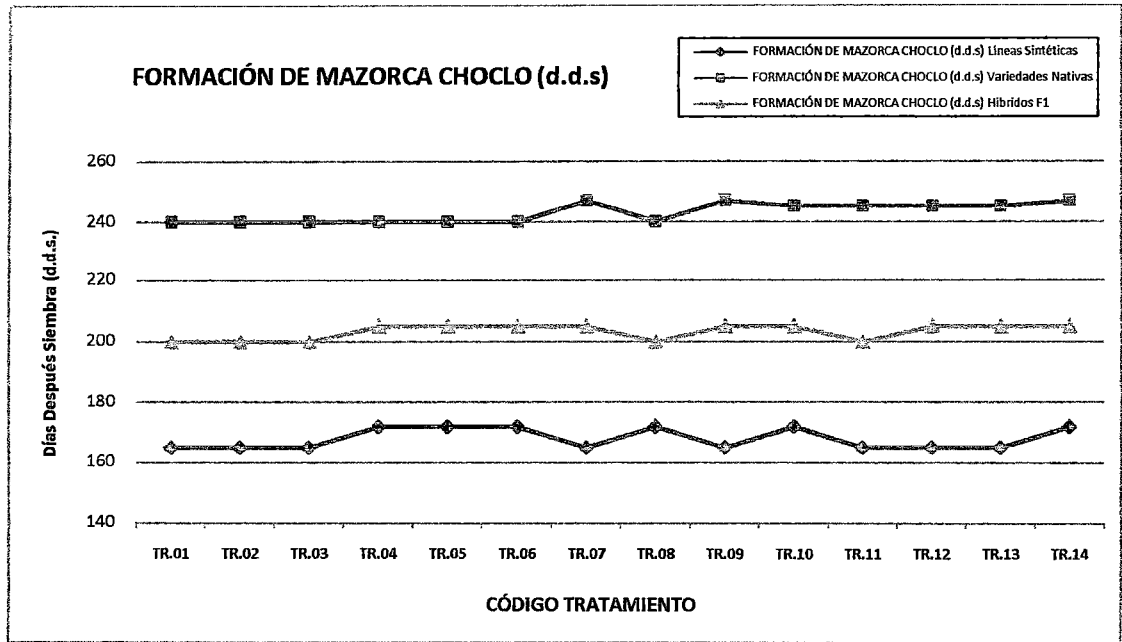


Figura 16. Comparativo de la formación de mazorca choclo (d.d.s.) entre las poblaciones Híbridas F1 y sus respectivos progenitores como controles.

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

4.3.3 FORMACIÓN DE MAZORCA SECA

La evaluación de formación de mazorca seca se hizo una sola vez, con la palpación de las mazorcas de aspecto duro y seco a la observación. Se evaluó contabilizando los días después de la siembra y promediando los resultados por cada población evaluada.

Tabla 33. Formación de mazorca seca de líneas sintéticas: Progenitores Femeninos

CÓDIGO	NOMBRE DE LA LÍNEA SINTÉTICA	FORMACIÓN DE MAZORCA SECA (d.d.s)
EL.01	KWS-SYN 01	202
EL.02	KWS-SYN 02	202
EL.03	KWS-SYN 03	202
EL.04	KWS-SYN 04	210
EL.05	KWS-SYN 05	210
EL.06	KWS-SYN 06	210
EL.07	KWS-SYN 07	202
EL.08	KWS-SYN 08	210
EL.09	KWS-SYN 09	202
EL.10	KWS-SYN 10	202
EL.11	KWS-SYN 11	210

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

Los datos obtenidos en la Tabla 33 para la formación de mazorcas secas en las líneas sintéticas, oscilan ente los 202 a 210 d.d.s., mo hay marcadas diferencias entre poblaciones y nuevamente se observa su precocidad para el carácter.

Tabla 34. Formación de mazorca seca de las variedades nativas: Progenitores Masculinos

CÓDIGO	NOMBRE DE LA VARIEDAD NATIVA	FORMACIÓN DE MAZORCA SECA (d.d.s)
CT.01	PUCCO CENIZO	280
CT.13	CENIZO PIZALA	280
CT.14	CENIZO C	280
CT.15	QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	285
CT.03	AMARILLO TARATA	280
CT.04	AMARILLO GIGANTE	283
CT.02	QUELLO CUZCO AMARILLO CLARO	287

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

Las variedades nativas presentaron un rango evaluativo para la formación de mazorca seca de entre los 280 a los 287 d.d.s. (Tabla 34), nuevamente se observó la naturaleza tardía común de estas variedades en este ambiente agroecológico.

Tabla 35. Formación de mazorca seca de las poblaciones Híbridas F1: Progenie

CÓDIGO	CRUZAMIENTO HÍBRIDO F1	FORMACIÓN DE MAZORCA SECA (d.d.s)
ECT.01	KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO	225
ECT.02	KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO	225
ECT.03	KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA	225
ECT.04	KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA	225
ECT.05	KWS-SYN 05 x CENIZO C	230
ECT.06	KWS-SYN 06 x CENIZO C	230
ECT.07	KWS-SYN 07 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	230
ECT.08	KWS-SYN 07 x CENIZO C	225
ECT.09	KWS-SYN 08 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	230
ECT.10	KWS-SYN 08 x AMARILLO TARATA	230
ECT.11	KWS-SYN 09 x AMARILLO TARATA	225
ECT.12	KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE	230
ECT.13	KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE	230
ECT.14	KWS-SYN 11 x QUELLO CUSCO AMARILLO CLARO	230

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

Los híbridos F1 mostraron que la formación de mazorca seca (Tabla 35) sucedió alrededor del promedio de días entre 225 a 230 d.d.s., y se mostraron intermedios entre los promedios evaluativos del mismo parámetro de sus progenitores.

Tabla 36. Comparativo del promedio de la formación de mazorca seca (d.d.s.) entre las poblaciones híbridas F1 y sus respectivos progenitores.

CÓDIGO COMPARATIVO DE EVALUACIÓN	CÓDIGO DE TRATAMIENTO	HÍBRIDO F1 LÍNEA SINTÉTICA VARIEDAD NATIVA	FORMACIÓN DE MAZORCA SECA (d.d.s)
TR.01	ECT.01	KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO	225
	EL.01	KWS-SYN 01	202
	CT.01	PUCCO CENIZO	280
TR.02	ECT.02	KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO	225
	EL.02	KWS-SYN 02	202
	CT.01	PUCCO CENIZO	280
TR.03	ECT.03	KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA	225
	EL.03	KWS-SYN 03	202
	CT.13	CENIZO PIZALA	280
TR.04	ECT.04	KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA	225
	EL.04	KWS-SYN 04	210
	CT.13	CENIZO PIZALA	280
TR.05	ECT.05	KWS-SYN 05 x CENIZO C	230
	EL.05	KWS-SYN 05	210
	CT.14	CENIZO C	280
TR.06	ECT.06	KWS-SYN 06 x CENIZO C	230
	EL.06	KWS-SYN 06	210
	CT.14	CENIZO C	280
TR.07	ECT.07	KWS-SYN 07 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	230
	EL.07	KWS-SYN 07	202
	CT.15	QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	285
TR.08	ECT.08	KWS-SYN 07 x CENIZO C	225
	EL.07	KWS-SYN 07	202
	CT.14	CENIZO C	280
TR.09	ECT.09	KWS-SYN 08 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	230
	EL.08	KWS-SYN 08	210
	CT.15	QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	285
TR.10	ECT.10	KWS-SYN 08 x AMARILLO TARATA	230
	EL.08	KWS-SYN 08	210
	CT.03	AMARILLO TARATA	280
TR.11	ECT.11	KWS-SYN 09 x AMARILLO TARATA	225
	EL.09	KWS-SYN 09	202
	CT.03	AMARILLO TARATA	280
TR.12	ECT.12	KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE	230
	EL.09	KWS-SYN 09	202
	CT.04	AMARILLO GIGANTE	283
TR.13	ECT.13	KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE	230
	EL.10	KWS-SYN 10	202
	CT.04	AMARILLO GIGANTE	283
TR.14	ECT.14	KWS-SYN 11 x QUELLO CUSCO AMARILLO CLARO	230
	EL.11	KWS-SYN 11	202
	CT.02	QUELLO CUZCO AMARILLO CLARO	287

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

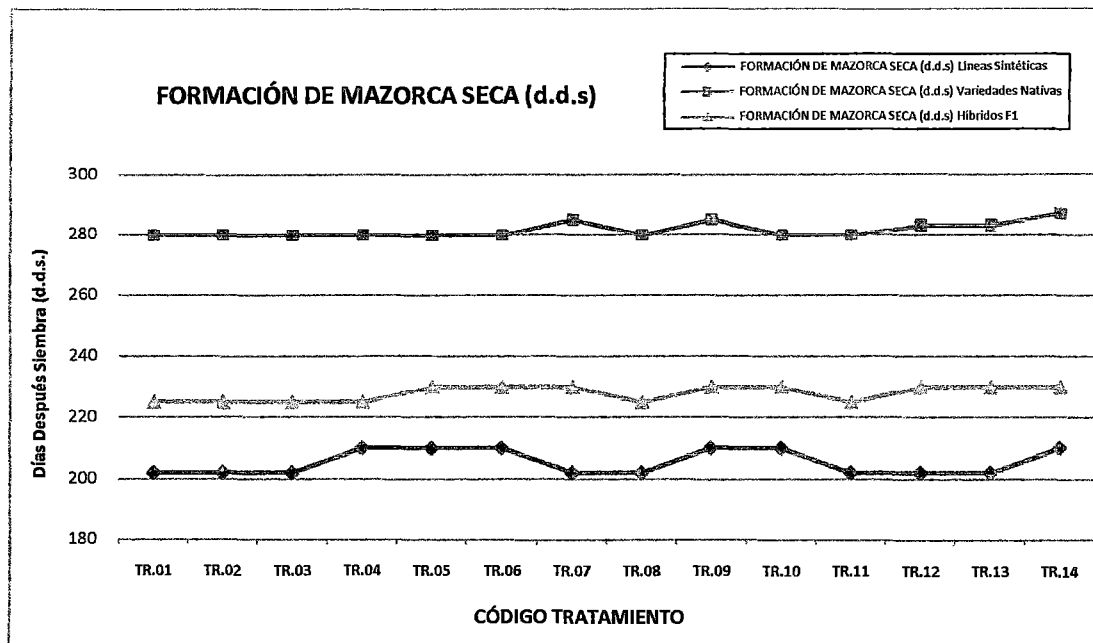


Figura 17. Comparativo de la evaluación de la formación de mazorca seca (d.d.s.) de las poblaciones Híbridas F1 con sus respectivos progenitores.

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

4.3.4 EVALUACIÓN DE LA SENESCENCIA DE LA PLANTA

Se realizaron dos evaluaciones de la senescencia de las plantas, en días después de la siembra, la primera aproximadamente al inicio de esta y la segunda días antes de la cosecha, realizando promedios por población y usando la escala discontinua de reacción fenotípica.

Tabla 37. Evaluación de senescencia de las líneas sintéticas: Progenitores Femeninos

CÓDIGO	NOMBRE DE LA LÍNEA SINTÉTICA	INICIO	SENESCENCIA
		E1 (195 d.d.s)	E2 (210 d.d.s)
EL.01	KWS-SYN 01	7	9
EL.02	KWS-SYN 02	7	9
EL.03	KWS-SYN 03	7	9
EL.04	KWS-SYN 04	5	9
EL.05	KWS-SYN 05	5	9
EL.06	KWS-SYN 06	5	9
EL.07	KWS-SYN 07	7	9
EL.08	KWS-SYN 08	5	9
EL.09	KWS-SYN 09	5	9
EL.10	KWS-SYN 10	7	9
EL.11	KWS-SYN 11	7	9

Escala senescencia 1-3-5-7-9 (1= crecimiento vegetativo y 9= muerte de la planta)

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

En la Tabla 37 se muestran los resultados de las dos evaluaciones de la senescencia para las líneas sintéticas, la primera evaluación realizada a los 195 d.d.s. en el inicio de la senescencia de las plantas, mostraron que en las líneas KWS-SYN 01 (EL.01), KWS-SYN 02 (EL.02), KWS-SYN 03 (EL.03), KWS-SYN 07 (EL.07),

KWS-SYN 10 (EL.10) y KWS-SYN 11 (EL.11), el 80% de hojas estuvieron senescentes el cual es un índice avanzado de senescencia y precoz. Las líneas KWS-SYN 04 (EL.04), KWS-SYN 05 (EL.05), KWS-SYN 06 (EL.06), KWS-SYN 08 (EL.08) y KWS-SYN 09 (EL.09) mostraron sólo el 50% de hojas senescentes un poco más tardías que las anteriores líneas mencionadas. En la última evaluación a los 210 d.d.s. todas las líneas mostraron un 100% de senescencia total en la planta.

Tabla 38. Evaluación de senescencia de las variedades nativas: Progenitores Masculinos

CÓDIGO	NOMBRE DE LA VARIEDAD NATIVA	INICIO SENESCENCIA E2 (277 d.d.s)	SENESCENCIA TOTAL E3 (289 d.d.s)
CT.01	PUCCO CENIZO	7	9
CT.13	CENIZO PIZALA	7	9
CT.14	CENIZO C	7	9
CT.15	QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	5	9
CT.03	AMARILLO TARATA	7	9
CT.04	AMARILLO GIGANTE	5	9
CT.02	QUELLO CUZCO AMARILLO CLARO	5	9

Escala senescencia 1-3-5-7-9 (1= crecimiento vegetativo y 9= muerte de la planta)

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

En la primera evaluación de las variedades nativas (Tabla 38) realizada a los 277 d.d.s., al inicio de la senescencia de las plantas, se observa que lideran la evaluación las variedades PUCCO CENIZO (CT.01), CENIZO PIZALA (CT.13), CENIZO C (CT.14), y AMARILLO DE TARARA (CT.03) con el 80% de senescencia en las plantas según el promedio evaluativo. Las variedades QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO (CT.15), AMARILLO GIGANTE (CT.04) y QUELLO CUZCO AMARILLO CLARO

mostraron sólo el 50% de senescencia de planta según el promedio evaluativo basado en la escala discontinua de reacción fenotípica. Se mostró una pequeña variabilidad en el periodo vegetativo entre las variedades oriundas de Tarata (PUCCO CENIZO, CENIZO PIZALA, CENIZO C, AMARILLO DE TARATA) y las oriundas de la localidad de Anta, Cuzco (QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO, QUELLO CUZCO AMARILLO CLARO). En la última evaluación realizada a los 289 d.d.s. todas las variedades nativas mostraron un 100% de senescencia. Esto nos muestra un rango muy tardío.

Tabla 39. Evaluación de senescencia de los Híbridos F1: Progenie

CÓDIGO	CRUZAMIENTO HÍBRIDO F1	E1 (225 d.d.s)	E2 (250 d.d.s)
ECT.01	KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO	7	9
ECT.02	KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO	7	9
ECT.03	KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA	7	9
ECT.04	KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA	7	9
ECT.05	KWS-SYN 05 x CENIZO C	7	9
ECT.06	KWS-SYN 06 x CENIZO C	7	9
ECT.07	KWS-SYN 07 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	7	9
ECT.08	KWS-SYN 07 x CENIZO C	7	9
ECT.09	KWS-SYN 08 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	7	9
ECT.10	KWS-SYN 08 x AMARILLO TARATA	7	9
ECT.11	KWS-SYN 09 x AMARILLO TARATA	7	9
ECT.12	KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE	7	9
ECT.13	KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE	7	9
ECT.14	KWS-SYN 11 x QUELLO CUSCO AMARILLO CLARO	7	9

Escala senescencia 1-3-5-7-9 (1= crecimiento vegetativo y 9= muerte de la planta).

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

Las poblaciones híbridas F1 mostraron en los promedios de la evaluación de senescencia (Tabla 39) que en la primera evaluación a los 225 d.d.s., al inicio de la senescencia de las plantas, todas las poblaciones tenían el 80% de senescencia y en la última evaluación a los 250 d.d.s. muestran el 100% de senescencia en todas las poblaciones. No se mostró ninguna diferencia en ambas evaluaciones entre las poblaciones híbridas.

Tabla 40. Comparativo del promedio de la formación de mazorca seca (d.d.s.) entre las poblaciones híbridas F1 y sus respectivos progenitores.

CÓDIGO COMPARATIVO DE EVALUACIÓN	CÓDIGO DE TRATAMIENTO	HÍBRIDO F1 LÍNEA SINTÉTICA VARIEDAD NATIVA	INICIO SENESCENCIA (d.d.s)	SENESCENCIA TOTAL DE LA PLANTA (d.d.s.)
TR.01	ECT.01	KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO	215	240
	EL.01	KWS-SYN 01	195	215
	CT.01	PUCCO CENIZO	265	290
TR.02	ECT.02	KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO	215	240
	EL.02	KWS-SYN 02	195	220
	CT.01	PUCCO CENIZO	265	290
TR.03	ECT.03	KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA	215	240
	EL.03	KWS-SYN 03	195	215
	CT.13	CENIZO PIZALA	265	290
TR.04	ECT.04	KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA	217	240
	EL.04	KWS-SYN 04	200	220
	CT.13	CENIZO PIZALA	265	290
TR.05	ECT.05	KWS-SYN 05 x CENIZO C	220	245
	EL.05	KWS-SYN 05	200	225
	CT.14	CENIZO C	265	290
TR.06	ECT.06	KWS-SYN 06 x CENIZO C	220	245
	EL.06	KWS-SYN 06	200	225
	CT.14	CENIZO C	265	290
TR.07	ECT.07	KWS-SYN 07 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	220	245
	EL.07	KWS-SYN 07	195	220
	CT.15	QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	270	295
TR.08	ECT.08	KWS-SYN 07 x CENIZO C	220	245
	EL.07	KWS-SYN 07	195	220
	CT.14	CENIZO C	265	290
TR.09	ECT.09	KWS-SYN 08 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	220	245
	EL.08	KWS-SYN 08	200	225
	CT.15	QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	270	295
TR.10	ECT.10	KWS-SYN 08 x AMARILLO TARATA	215	240
	EL.08	KWS-SYN 08	200	225
	CT.03	AMARILLO TARATA	265	290
TR.11	ECT.11	KWS-SYN 09 x AMARILLO TARATA	215	240
	EL.09	KWS-SYN 09	195	225
	CT.03	AMARILLO TARATA	265	290
TR.12	ECT.12	KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE	217	245
	EL.09	KWS-SYN 09	195	225
	CT.04	AMARILLO GIGANTE	270	290
TR.13	ECT.13	KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE	217	245
	EL.10	KWS-SYN 10	195	220
	CT.04	AMARILLO GIGANTE	270	290
TR.14	ECT.14	KWS-SYN 11 x QUELLO CUSCO AMARILLO CLARO	220	245
	EL.11	KWS-SYN 11	195	220
	CT.02	QUELLO CUZCO AMARILLO CLARO	270	295

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

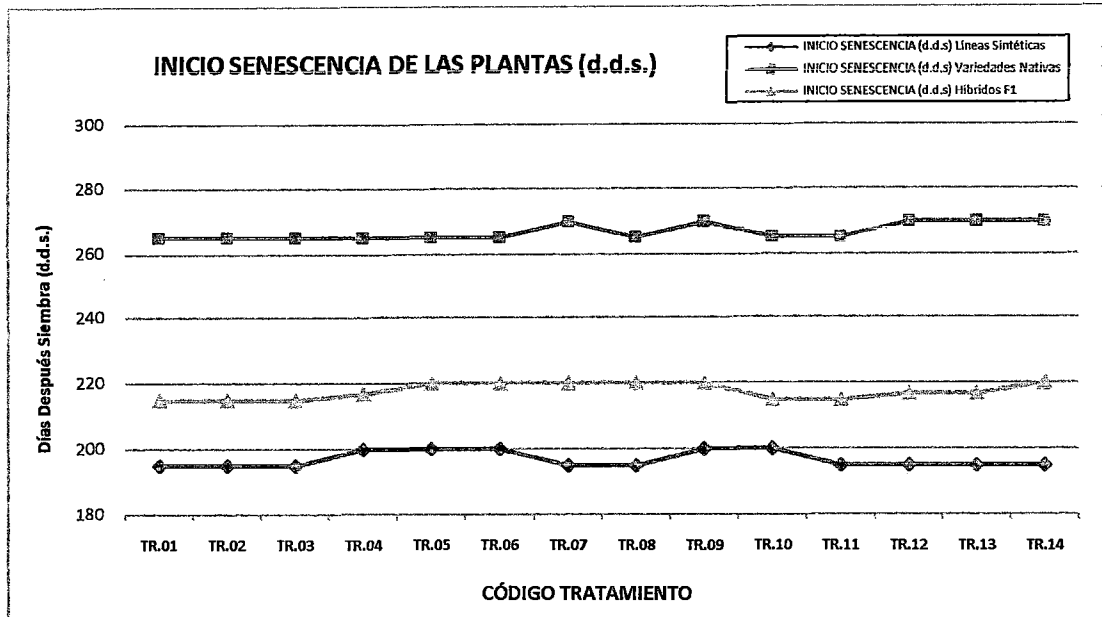


Figura 18. Comparativo de la evaluación del inicio de la senescencia de las plantas (d.d.s.) de las poblaciones Híbridas F1 con sus respectivos progenitores.

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

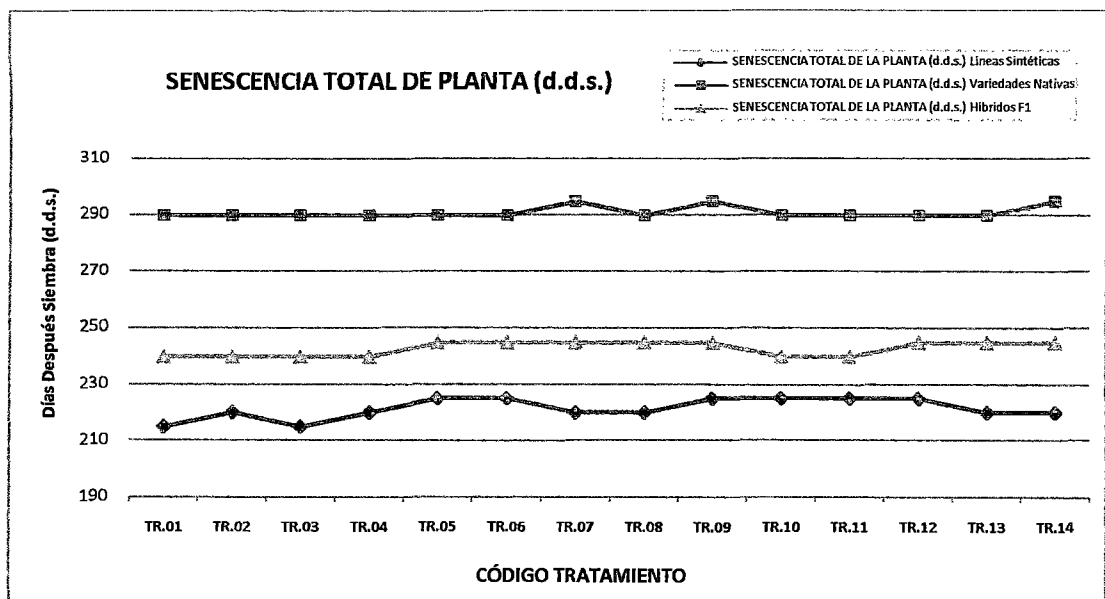


Figura 19. Comparativo de la evaluación de la senescencia total de las plantas (d.d.s.) de las poblaciones Híbridas F1 con sus respectivos progenitores.

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

4.4 PORCENTAJE DE PLANTAS PRECOCES DE LAS POBLACIONES HÍBRIDAS F1

Luego de establecerse la fecha indicada de cosecha de las poblaciones híbridas F1, a los 256 d.d.s., es decir luego de ocho meses y 15 días, se cosecharon sólo de las plantas que tenían mazorcas completamente secas hasta esa fecha, este fue el número de genotipos precoces de las poblaciones, la diferencia representaron el número de genotipos tardíos. Se contabilizó el número de plantas precoces cosechadas por población híbrida, Se realizaron los cálculos sacando porcentaje de genotipos precoces en base a la población total de plantas híbridas F1.

$$C = 100\% \qquad a = x\%$$

C : N° total poblacional del Híbrido F1

a : N° total de plantas o individuos cosechados precoces.

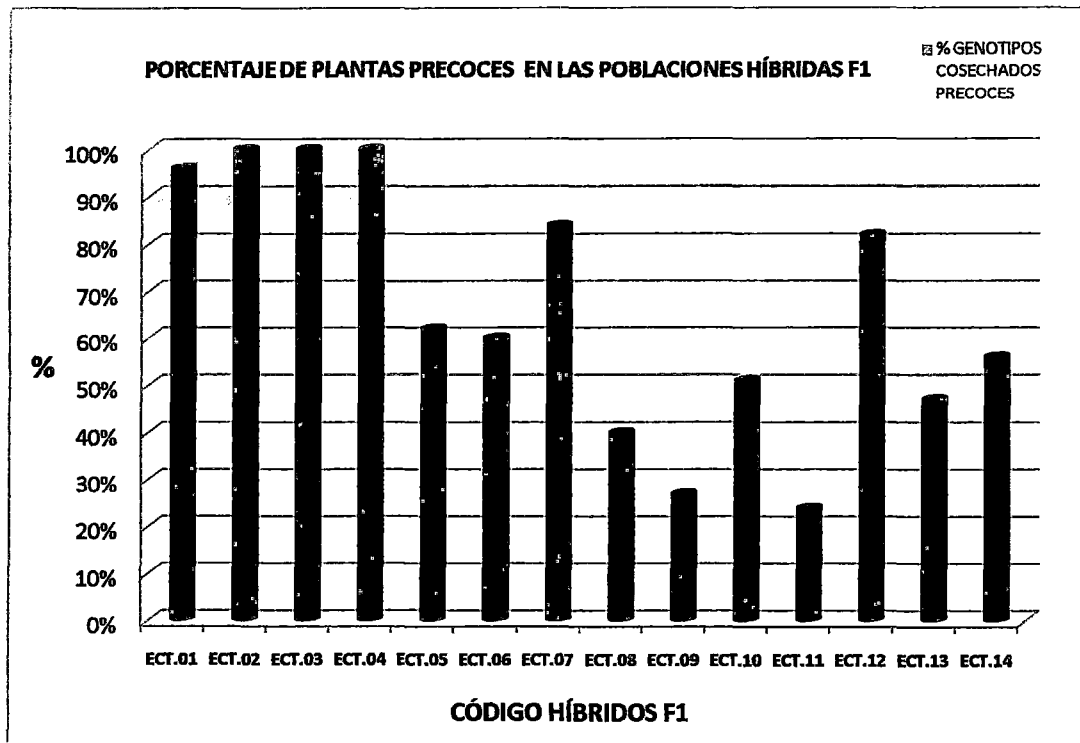
Tabla 41. Porcentaje de plantas precoces de las poblaciones híbridas F1

CÓDIGO	POBLACIONES HÍBRIDAS F1	N° TOTAL POBLACIONAL	N° GENOTIPOS COSECHADOS PRECOCES	N° GENOTIPOS COSECHADOS TARDÍOS	% GENOTIPOS COSECHADOS PRECOCES
ECT.01	KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO	291	279	12	96%
ECT.02	KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO	300	300	0	100%
ECT.03	KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA	295	295	0	100%
ECT.04	KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA	300	300	0	100%
ECT.05	KWS-SYN 05 x CENIZO C	293	181	112	62%
ECT.06	KWS-SYN 06 x CENIZO C	297	179	118	60%
ECT.07	KWS-SYN 07 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	298	252	46	84%
ECT.08	KWS-SYN 07 x CENIZO C	297	119	178	40%
ECT.09	KWS-SYN 08 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	290	80	210	27%
ECT.10	KWS-SYN 08 x AMARILLO TARATA	293	149	144	51%
ECT.11	KWS-SYN 09 x AMARILLO TARATA	295	71	224	24%
ECT.12	KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE	288	237	51	82%
ECT.13	KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE	296	140	156	47%
ECT.14	KWS-SYN 11 x QUELLO CUSCO AMARILLO CLARO	292	164	128	56%

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

En la Tabla 41 se observa en los datos para el porcentaje de plantas precoces por población híbrida, que los cruzamientos KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO (ECT.02), KWS-SYN03 x CENIZO PIZALA (ECT.03) y KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA (ECT.04), lideran dicho porcentaje con el 100% de plantas precoces, es decir todos los individuos fueron cosechados precoces. Los híbridos KWS-SYN 07 x CENIZO C (ECT.08), KWS-SYN 08 x QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO (ECT.09) y

KWS-SYN 09 x AMARILLO DE TARATA (ECT.11), son los que presentaron el menor porcentaje de plantas precoces.



Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

Figura 20. Porcentaje de plantas precoces de las poblaciones híbridas F1

4.5 PORCENTAJE DE PLANTAS COSECHADAS CON BUENA CALIDAD DE MAZORCA EN LAS POBLACIONES HÍBRIDAS F1

Durante la cosecha de las poblaciones híbridas precoces, se procedió a la contabilidad de las mazorcas de buena calidad, la diferencia fueron las plantas que presentaron baja calidad de mazorca. El total de plantas con buena calidad de mazorcas fue promediado con el total de plantas cosechadas precoces por población, para obtener el porcentaje final.

$$a = 100\%$$

$$d = x\%$$

a : N° total de plantas o individuos cosechados precoces.

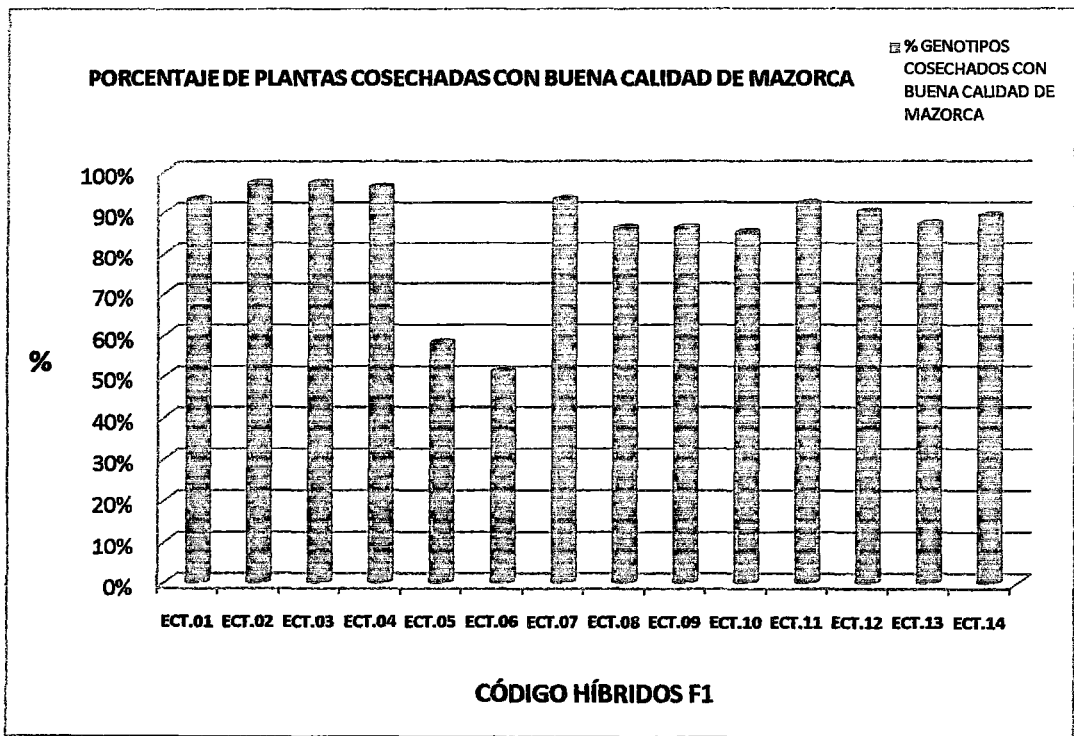
d : N° total de plantas o individuos que presentaron buena calidad de mazorca.

Tabla 42. Porcentaje de plantas cosechadas con buena calidad de mazorca en las poblaciones híbridas F1

CÓDIGO	POBLACIONES HÍBRIDAS F1	N° TOTAL GENOTIPOS COSECHADOS	N° GENOTIPOS COSECHADOS CON BUENA CALIDAD DE MAZORCA	N° GENOTIPOS COSECHADOS CON BAJA CALIDAD DE MAZORCA	% GENOTIPOS COSECHADOS CON BUENA CALIDAD DE MAZORCA
ECT.01	KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO	279	259	20	93%
ECT.02	KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO	300	291	8	97%
ECT.03	KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA	295	286	9	97%
ECT.04	KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA	300	289	11	96%
ECT.05	KWS-SYN 05 x CENIZO C	181	105	76	58%
ECT.06	KWS-SYN 06 x CENIZO C	179	91	88	51%
ECT.07	KWS-SYN 07 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	252	234	18	93%
ECT.08	KWS-SYN 07 x CENIZO C	119	102	17	86%
ECT.09	KWS-SYN 08 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO	80	69	11	86%
ECT.10	KWS-SYN 08 x AMARILLO TARATA	149	127	22	85%
ECT.11	KWS-SYN 09 x AMARILLO TARATA	71	65	6	92%
ECT.12	KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE	237	214	23	90%
ECT.13	KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE	140	122	18	87%
ECT.14	KWS-SYN 11 x QUELLO CUSCO AMARILLO CLARO	164	146	18	89%

Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

En la Tabla 42 se observa los datos para el porcentaje de buena calidad de mazorca entre las plantas precoces cosechadas por población híbrida F1, la mayoría de las poblaciones presentaron un buen porcentaje por encima del 85%, aunque ninguna de las poblaciones lidera con el 100% para este parámetro evaluado. Los híbridos KWS-SYN 05 x CENIZO C y KWS-SYN 06 x CENIZO C son los que presentaron los porcentajes más bajos (menos del 60%).



Fuente: Recolección de datos experimentales de campo

Figura 21. Porcentaje de plantas cosechadas con buena calidad de mazorca en las poblaciones híbridas F1

Capítulo V

DISCUSIÓN

En los resultados mostrados, se observa la respuesta diferencial que existe entre los tres grupos poblacionales de líneas sintéticas, variedades nativas y de los híbridos F1. Estas últimas poblaciones obtenidas con éxito durante la temporada de cruzamientos de los dos grupos antes mencionados para mejorar la tolerancia a las temperaturas bajas constantes en la zona experimental de la provincia de Tarata a 3 300 m.s.n.m, ubicada en el departamento de Tacna; y la precocidad para evitar las heladas ocasionales que se presentan, mayormente durante los últimos meses del periodo vegetativo del cultivo del maíz (abril, mayo y junio).

El maíz es una planta que cuenta con una gran diversidad genética y una variabilidad intraespecífica cuyo caudal o acervo de genes útiles sirven para ensamblar híbridos o genotipos superiores en los programas nacionales e internacionales del mejoramiento genético del maíz, como lo menciona Chávez y *col* (2005), en su estudio del espectro de variabilidad genética en el sur altoandino peruano.

Especialmente se ha encontrado en México y en Perú gran potencial genético en variedades, razas y ecotipos nativos de maíz, de esta forma se han identificado variedades tolerantes a condiciones climáticas adversas como son las bajas temperaturas de las zonas altoandinas, del sur del Perú.

Pero los largos periodos vegetativos de las variedades nativas, aparte de hacer al cultivo más costoso, las hacen susceptibles a los estreses bióticos y abióticos más comunes de las zonas altoandinas, por eso el encontrar un germoplasma de maíz mejorado precoz que sea capaz de transmitir este carácter a su progenie bajo condiciones climáticas extremas, se convierte en una prioridad y alternativa para la zona agrícola andina del sur peruano.

La primera etapa de cruzamientos para la obtención de híbridos F1 se llevándose a cabo bajo el método de polinización cruzada en lote de campo aislado (Chávez, 1995) encontró como primer limitante precisamente las bajas temperaturas de la zona experimental. Las temperaturas mínimas en esta temporada tuvieron un promedio de 3°C (figura 5), donde las poblaciones más afectadas fueron las líneas sintéticas mejoradas que provenían de zonas subtropicales (KWS SAAT AG., 2004), además de la altitud y del fotoperiodo corto de la zona. A pesar del poco éxito de dichas líneas sintéticas, estas lograron ser polinizadas con éxito y se logró obtener la semilla híbrida del cruzamiento para su posterior evaluación.

No se logró hacer cruza alternativas entre los progenitores en el presente trabajo de investigación, como progenitores masculino y femenino, pero se pueden mencionar bajo la experiencia de la realización de esta alternancia en otra zona experimental (trabajo de investigación no publicado), de más baja altitud y más cálida, de que los cruzamientos provenientes de las líneas sintéticas mejoradas como progenitores masculinos y las variedades nativas como progenitores femeninos, fracasaron debido a la alta expresión de precocidad de las líneas sintéticas que emitieron su inflorescencia masculina mucho más antes de que las variedades nativas lograran emitir su inflorescencia femenina, con lo cual no hubo una correcta polinización. Probablemente el medio ambiente pudo haber influenciado también en este acontecimiento.

Otro factor que influyó en el éxito de los cruzamientos en la primera etapa del experimento es que, bajo las condiciones ambientales de la provincia de Tarata, la temperatura mínima se elevó a medida que avanzaron las etapas de crecimiento de las plantas, durante la temporada de cruzamientos, para luego descender nuevamente. Así durante la etapa de desarrollo de las inflorescencias masculinas y femeninas (fines de diciembre-2006 y enero-2007) la temperatura máxima y mínima promedio fue de 21,2 a 21,7°C y de 4,6 a 5,3°C, respectivamente (figura 4 y figura 5).

Esta situación climática en los meses de Diciembre y Enero de las temporadas del cultivo de maíz en estas zonas altoandinas, nos supone que las

temperaturas mínimas no tan bajas y las máximas no tan altas permitieron el buen desarrollo de las inflorescencias y aseguró el éxito de la polinización cruzada de las poblaciones progenitoras. Por otra parte, la precipitación pluvial y el porcentaje de humedad relativa en el mes de enero-2007 fueron de 36,3 mm. y 73% respectivamente (figura 7 y figura 8), que influyó positivamente en el potencial del buen desarrollo de las inflorescencias y lograr los cruzamientos.

Como señalaron Vegetti y Anton (2000), la floración masculina y femenina están ampliamente influenciados por la temperatura y humedad, por eso la demanda de agua del maíz es elevada siendo muy importante su balance. Pero el éxito en los cruzamientos de las poblaciones progenitoras, estuvo también determinada por la precocidad de las líneas sintéticas que, en la estrategia de instalación del experimento, se hizo un mes después, para lograr la sincronización con las variedades nativas de largo periodo vegetativo, lo que mostraron también en las evaluaciones de los parámetros para el carácter de precocidad.

En la etapa evaluativa y comparativa entre las poblaciones híbridas y sus respectivos progenitores, se registró diferencias en la expresión de sus potencial genético. Para la evaluación de la altura, carácter poligénico, los híbridos F1, superaron a ambos progenitores, ampliamente a los femeninos y discretamente a masculinos. Podría decirse que ambos progenitores tendrían alelos dominantes para este carácter, lo que se expresa en la heterosis de las poblaciones híbridas F1, pero la interacción genes x medio ambiente (Kang y Gauch, 1996), no es exitosa

en las líneas sintéticas mejoradas, debido a los estreses ambientales a las que estuvieron expuestas, no propios de donde provienen originalmente, como lo señalan los antecedentes de dicho material genético (Annual Report KWS SAAT AG, 2005/2006).

La población que presentó el máximo promedio de altura en la evaluación final y propia de su genotipo fue QUELLO CUZCO AMARILO CLARO y QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO, que también mostraron ser las variedades más tardías, en cuanto a su desarrollo vegetativo, entonces podría existir una correlación en la prolongación de la fase vegetativa en algunas variedades de maíz y el aumento de su altura y por ende su biomasa, variedades que podrían servir para programas de mejoramiento para la generación de maíz energético, para la producción de biocombustibles (Schmidt, 2005).

Las diferencias fueron puestas en manifiesto también en el vigor y la producción de biomasa, en general los promedios para ambas evaluaciones indicaron que los híbridos F1 igualaron a su respectivo progenitor masculino y superaron ampliamente a los progenitores femeninos, estos últimos sólo alcanzaron calificaciones regulares y malas. Nuevamente la unión de dos genomios impulsó a la heterosis en las poblaciones híbridas F1 y es que como afirmó Jugenheimer (1987) el conocimiento del vigor híbrido, la reproducción por cruzamientos incrementa considerablemente el vigor, al cruzar dos genotipos con frecuencia se produce mayor vigor que el que se mostró en los genotipos originales.

Según Narro *y col* (2003), aún cuando las bases genéticas de la heterosis no son muy claras aún, su explotación es un avance sobresaliente del mejoramiento de cultivos. De esta forma en la actualidad numerosas compañías de semillas de maíz usan este fenómeno para producir semillas híbridas F1 para su comercialización especialmente de maíz amarillo duro (Gutierrez-Rosati, 2006).

Los rendimientos de mazorca seca, cuando el estrés abiótico afectó el proceso proceso de llenado de los granos, etapa importante que sigue de la polinización, algunas poblaciones híbridas F1 como son KWS-SYN 05 x CENIZO C, KWS-SYN 07 x CENIZO C, KWS-SYN 08 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO y KWS-SYN 08 x AMARILLO DE TARATA, obtuvieron calificaciones regulares, por lo tanto y heredando de su progenitor masculino la susceptibilidad a las bajas temperaturas es que, el ciclo de vida de las plantas pertenecientes a las diferentes poblaciones híbridas y progenitoras se cumplió bajo una serie de factores ambientales que modularon la expresión de procesos fisiológicos, que determinaron diferentes respuestas a nivel fenotípico (Hirt y Shinozaki, 2004).

El parámetro medido de tolerancia a bajas temperaturas fue medido y comparado con las temperaturas mínimas medidas en las dos temporadas en que se llevo a cabo la parte experimental del presente trabajo, que oscilo en promedios de 3,5° C (Figura 5). Esto se hizo para reflejar el daño que ocasionan las constantes temperaturas bajas en cultivos de maíz susceptibles y la tolerancia de aquellos tolerantes, así como también el largo periodo vegetativo de las

variedades nativas locales debido a la exposición continua al frío de la zona, así como afirma Burdon (1999) que los complejos procesos por los que pasan las plantas para tolerar la exposición a bajas temperaturas que, conllevan a cambios celulares y metabólicos para lograr la aclimatación, no las hacen exitosas en su performance, durante su desarrollo.

De esta manera las líneas sintéticas, germoplasma precoz y susceptible a bajas temperaturas, de climas subtropicales, sufrieron daños importantes durante su periodo vegetativo debido al clima frío y seco, mostrando en las evaluaciones, promedios regulares es decir que resistieron regularmente los estreses climáticos de bajas temperaturas, según los promedios obtenidos en las evaluaciones fueron KWS-SYN 01, KWS-SYN 02, KWS-SYN 03, KWS-SYN 07, KWS-SYN 10 y KWS-SYN 11. Por otro lado, las que mostraron inhibiciones en su performance debido a dichos estreses fueron KWS-SYN 04, KWS-SYN 05, KWS-SYN 06 y KWS-SYN 08.

Bramiage y Meir (1990) afirmaron que el daño ocasionado por las temperaturas bajas en plantas es reconocido en el desarrollo anormal después de largos o cortos periodos de exposición a temperaturas por debajo del rango de 10°C a 13°C. Plantas de origen tropical o subtropical, como el maíz, son generalmente susceptibles al frío y el desarrollo anormal por una exposición a climas fríos puede ocurrir en cualquier parte de dicha planta y ser expresado en una gran colección de síntomas deletéreos, afectando al rendimiento.

Y como afirmaron Inzé y Van Montagu (2002) que las plantas que crecen en climas fríos, están bien adaptadas a los ambientes de bajas temperaturas, pero la adaptación a temperaturas bajas en estas plantas está dirigida a la supervivencia en vez que a la buena performance (rendimiento del cultivo).

Sin embargo las variedades nativas, toleraron las bajas temperaturas de la zona gracias al largo proceso de evolución, adaptación, selección natural y selección de los agricultores del lugar (Chávez y col., 2005) y mostraron, en general, todas las poblaciones sin excepción, los máximos promedios para la medición del parámetro a las bajas temperaturas.

Cuando los caracteres tienen una base genética, como en el caso de las variedades y razas nativas, la selección sea natural o artificial, incrementa la prevalencia de esos caracteres, ya que las siguientes generaciones heredan estos caracteres de sus progenitores. Cuando la selección es intensa y persistente, los caracteres adaptativos se convierten en universal en las poblaciones o especies (Poehlman, 1992).

No se ha detectado una marcada variabilidad genética para la tolerancia a bajas temperaturas en los híbridos F1, excepto en los caracteres de altura de planta, producción de biomasa aérea, y en rendimiento final de mazorca seca donde han mostrado una discreta variabilidad genética entre poblaciones. En general, todas las poblaciones han mostrado desde el inicio del periodo vegetativo

una remarcable tolerancia al clima frío de la zona, semejante a la expresión fenotípica de sus progenitores nativos andinos. Chávez y *col* (2005) expusieron en su investigaciones en la misma zona experimental, que existe un acumulo de genes y alelos de tolerancia al frío en las razas altoandinas de maíz del sur del Perú y que es factible su transferencia efectiva y sostenible a poblaciones híbridas sucesivas.

Se ha observado en la mayoría de las poblaciones híbridas una marcada reducción del periodo vegetativo entre 30 y 40 días, bajo el ecosistema frío y árido-semiárido. Las poblaciones híbridas KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO, KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA y KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA han mostrado la más alta frecuencia de genotipos precoces (100%). Sin embargo las poblaciones KWS-SYN 09 x AMARILLO DE TARATA y KWS-SYN 08 x QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO mostraron una muy baja frecuencia de genotipos precoces (24% y 27%, respectivamente) confirmándose, dentro de la evaluación, para el carácter de precocidad, como las poblaciones más tardías.

En la evaluación de genotipos precoces con buena calidad de mazorca, que se determinó en aquellas plantas que mostraron le expresión fenotípica de ambos caracteres deseados, se observó que las poblaciones KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO, KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO, KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA, KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA, KWS-SYN 07 x QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO y KWS-SYN 09

x AMARILLO GIGANTE fueron las más promisorias para continuar con la estrategia de mejoramiento genético.

Las poblaciones híbridas F1 de maíz muestran un alto porcentaje de penetrancia genética para la expresión de los genes de tolerancia a bajas temperaturas transferido por el germoplasma nativo así como para el carácter de precocidad transferido por el germoplasma sintético mejorado. En cuanto a la expresividad para la tolerancia a bajas temperaturas fue variable pero con alto porcentaje, sin embargo para la expresividad variable para la precocidad el porcentaje fue regular. Aún y de esta forma, se logró un primer avance genético en dichas poblaciones híbridas mediante la expresión fenotípica conjunta de los genes de tolerancia a bajas temperaturas y los de precocidad de los genotipos progenitores iniciales.

Las diferencias en las respuestas fenotípicas encontradas en las distintas poblaciones de maíz están controladas por un grupo de genes de adaptación, poligénicos que son los que determinan la resistencia o tolerancia a determinado factor ambiental. Estos caracteres genéticos de variación continua (cuantitativos) dan origen a mecanismos de tolerancia en la planta de maíz muy complejos. Estas mecanismos se manifiestan a nivel molecular, bioquímico, celular, fisiológico y morfológico (Inzé y Van Montagu, 2002). Las repuestas fenotípicas de las plantas de maíz frente a los estreses abióticos climáticos y edáficos son fruto de la acción

de los genes de adaptación, los genes de rendimiento *per se* y la acción del medio ambiente (Chávez y col., 2005).

Capítulo VI

CONCLUSIONES

En el presente estudio de investigación se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. Los resultados obtenidos indican la transferencia de genes de precocidad y tolerancia a bajas temperaturas a poblaciones híbridas de maíz en las zonas altoandinas del sur del Perú.
2. En la evaluación de poblaciones híbridas F1 se determinó que KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO, KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO, KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA, KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA, KWS-SYN 07 x QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO y KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE mostraron la expresión fenotípica de ambos caracteres deseados.
3. Se evaluó que las poblaciones híbridas KWS-SYN 07x CENIZO C, KWS-SYN 08 x QUELLO CUSCO AMARILLO OSCURO, KWS-SYN 08 x AMARILLO DE TARATA, KWS-SYN 09 x AMARILLO DE TARATA, KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE y KWS-SYN 11 x QUELLO CUSCO AMARILLO CLARO expresaron el carácter genético de tolerancia a las bajas temperaturas altoandinas.

4. Se evaluó que las poblaciones híbridas F1 KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO, KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO, KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA, KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA, KWS-SYN 07 x QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO y KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE obtuvieron las más altas frecuencias poblacionales de individuos precoces.
5. Las poblaciones híbridas han mostrado una reducción del periodo vegetativo entre 30 y 40 días, con respecto a sus progenitores masculinos de comportamiento tardío (que consta de 9 a 10 meses de periodo vegetativo), por la introducción de los genes de precocidad del progenitor sintético mejorado.

Capítulo VII

RECOMENDACIONES

1. Debido a la complejidad genética de este aparentemente simple carácter de tolerancia bajas temperaturas, se recomienda tener un mejor entendimiento de las bases moleculares, fisiológicas y bioquímicas de las plantas frente a este estrés e identificar caracteres específicos más selectos que puedan ser usados en larga escala en el mejoramiento convencional.
2. Realizar estrategias de selección recurrente, que permita mantener las sobresalientes características fenotípicas con la que cuenta actualmente este germoplasma, permitiendo el acumulo de genes de tolerancia a las temperaturas bajas y con la estabilización de los genes de precocidad para la reducción de su periodo vegetativo.
3. Realizar continuas exploraciones y estudios de otras variedades de maíz altoandino, para continuar la búsqueda de germoplasma tolerante a temperaturas más bajas o al congelamiento, así como para atributos para el buen rendimiento y producción.

4. Realizar estudios en otras zonas altoandinas del país de manera de evaluar el comportamiento en otros ambientes el germoplasma híbrido obtenido, y compararlo con otros germoplasmas propios de la zona, para su mejoramiento.
5. Establecer el funcionamiento en la UNJBG de un banco germoplasma de variedades nativas de maíz de las zonas altoandinas del sur de Perú para su conservación, evaluaciones y utilización integral de estos recursos genéticos valiosos

Capítulo VIII

BIBLIOGRAFÍA

1. ANNUAL REPORT 2005/2006. KWS SAAT AG. pp. 25-29. KWS GMBH. Einbeck, Germany.
2. BAJAJ, Y.P.S. 1994. "Maize Biotechnology in Agriculture and Forestry". Birkhäuser Edition. Germany.
3. BASRA, Amarjit S. 1994. "Stress-Induced gene expression in plants" CRC Press.
4. BEINGOLEA, L.; A. Manrique; W. Fegan; H. Sánchez; V. Noriega; M. Borbor; J. Chura; J. Castillo; J. Sarmiento. 1993. "Manual del maíz para la costa [del Perú]". Proyecto Transformación de la Tecnología Agropecuaria (TTA).
5. BENNETZEN, J.; E. Buckler; V. Chandler; J. Doebley; J. Dorweiler; B. Gaut; M. Freeling; S. Hake; E. Kellogg; R.S. Poethig; V. Walbot; S. Wessler. 2001. "Genetic evidence and the origin of maize". Latin American Antiquity. Vol. 12, pp. 84-86.

6. BENZ, B. 2006. "Maize in the Americas" In J. Staller, R. H. Tykot, B. Benz eds.) *Histories of Maize: Multidisciplinary Approaches to the Prehistory*. Chapter 2, pp. 10-18. Esmerald Group Publishing.
7. BIRD, R.M. 1980. "Maize evolution from 500 B.C. to the present". *Biotropica* Vol. 12, pp. 30-41.
8. BIRD, R.M. 1984. "South American maize in Central America". Papers of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University Vol. 76, pp. 40-65.
9. BLACK, M.; K. J. Bradford; J. Vazquez-Ramos. 2000. "Seed Biology: Advances and Applications" CABI Publishing.
10. BRAMIAGE, W.; Shimon Meir. 1990. "Chilling Injury of Horticultural Crops" In Chien Yi Wang, ed. *Chilling Injury of Crops of Temperate Origin*, Chapter 3, pp. 38-47. CRC Press.
11. BUCKLER, E.; T.P. Holtsford. 1996. "Zea systematics: Ribosomal ITS evidence". *Molecular Biology and Evolution Journal*. Vol. 13, pp. 612-622.
12. BURDON, Roy H. 1999. "Genes and the Environment". CRC Press.

13. CASTILLO, F.; M. Goodman. 1997. "Research on gene flow between improved maize and landraces". CIMMYT. Mexico D.F. pp. 67-75.
14. CIMMYT. PROYECTO LATINOAMERICANO DE MAIZ (LAMP). 1995. LAMP. CIPIA, PCIM, UNALM. Lima-Perú.
15. CHÁVEZ, J. L. 1995. "Mejoramiento de plantas I y II" Editorial Trillas. México D.F, México.
16. CHÁVEZ, R. 2002. "Mejoramiento genético de plantas tuberíferas para zonas árido-salinas". Editorial Artgraphics E.I.R.L. Perú.
17. CHÁVEZ, R.; M. Aduviri; J. C. Linares y A. García. 2004. "Respuestas fenotípicas de híbridos y variedades de maíz (*Zea mays L.*) al estrés de salinidad y toxicidad de boro bajo condiciones de laboratorios y campo". IDESIA Vol. N° 22. Chile.
18. CHÁVEZ, R.; W. Schmidt; K. Martínez; J. Flores; H. Tamayo; M. Aduviri; G. Gutierrez; V. Yufra; O. Segovia y A. García. 2005. "Espectro de variabilidad genética del germoplasma nativo de maíz (*Zea mays L.*) de la zona altoandina del sur del Perú". IDESIA Vol. N° 23. Chile.

19. CHIEN, Yi Wang. 1990. "Chilling Injury of Horticultural Crops". CRC Press.
20. CHRISTIANSEN, M.N. y C.F. Lewis. 1991 "Mejoramiento de plantas en ambientes poco favorables". Editorial Limusa. México.
21. COLLADO, L. 2003. "Informes de actividades preliminares y resultados del proyecto de Manejo y monitoreo de variedades locales de cultivos amazónicos". Perú.
22. CRAFTS-BRANDNER, Steven J.; Michael E. Salvucci. 2002. "Sensitivity of Photosynthesis in a C4 Plant, Maize, to Heat Stress". *Plant Physiology*. Vol. 129, pp. 1773–1780.
23. CRAIG, A.; R. Wilson; L. Pollak and W. Salhuana. 1997 "Peruvian maize resistance to European corn borer". A preliminary report.
24. CROSA, J.; R. Vencovsky. 1994. "Implication of the variance in effective population size on the genetic conservation of monoecious species". *Theor. Appl. Gen.* 89: 936-942.

25. DEVELOIS, J. ; R. Sevilla ; A. Valdez ; H. Sanchez. 2003. "El proceso de investigación agronómica y niveles tecnológicos de producción de maíz en el Perú". Documento preliminar publicado en las memorias de 50 años del PCIM-UNALM. Lima –Perú.
26. DOEBLEY, J.F. 1990. "Molecular evidence and the evolution of maize". *Econ Bot.* Vol. 44, pp. 6-27.
27. DOUSSOULIN, E.; R. Chávez. 2002. "La biotecnología y su potencial de aplicación en la agricultura moderna". *IDESIA* Vol. N° 20. Chile.
28. EDMEADES, G. O.; M. Banziger; H. R. Mickelson; C. B. Peña (eds). 1997. "Developing drought and low tolerant maize". *Proceeding of a symposium, Mexico.*
29. FAO Estadísticas Agrícolas. 2002. Roma. Italia.
30. GROBMAN, A.; W. Salhuana; R. Sevilla. 1961. "Races of maize in Peru". *Nat. Ac. of science. Nat. research council. Pub. 915. Washington, USA.*
31. GUTIÉRREZ-ROSATI, Antonieta. 2006. "MAÍZ: Riqueza Genética" *Asociación Desarrollo Medio Ambiental Sustentable. Lima, Perú.*

32. HALL, A.E. 2001. "Crop responses to environment" Edit CRC Press. USA.
33. HI LI, P.; E. Tapio Palva. 2002. "Plant Cold Hardiness: Gene Regulation and Genetic Engineering". Springer Science-Business Media.
34. HIRT, H.; K. Shinozaki, 2004. "Plant Responses to Abiotic Stress". Springerlink.
35. INZÉ, D.; M. Van Montagu. 2002. "Oxidative Stress in Plants". CRC Press
36. JAMES, C. 2000. "Global Review of commercialized transgenic crops". ISAAA Briefs N° 21 Preview Ithaca, N. Y. USA.
37. JUGENHEIMER, Robert W. 1987. "Maíz-Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas". Editorial Limusa S.A. México D.F., México.
38. KAMESWARA, N; J. Hanson; M. Ehsan Dulloo; K. Ghosh; A. Nowel; M. Iarinde. 2007. "Manual para el manejo de semillas en Bancos de Germoplasma". Biodiversity International. Roma, Italia.

39. KANG, M.S.; H.G. Gauch. 1996. "Genotype-by-Environment Interaction"
CRC Press.
40. KIESSELBACK, T.A. 1998. "The Estructure and Reproduction of Corn"
CSHL Press.
41. KWS SAAT AG. 2004. "Mais Sorten" Manual de variedades tardías y
precoces de maíz. pp. 63-65. KWS MAIS GMBH. Einbeck-Germany.
42. LEVITA, R. F. 2003. "Comparativo agro botánico de razas de maíz
conservadas in-situ con muestras conservadas ex situ colectadas hace 25
años". Tesis Ing. Agrónomo Univ. San Antonio de Abad del Cusco. Perú.
43. MANGELSDORF, P. 1974. "Corn: its origin, evolution and improvement".
The Belknap press of Harvard Univ. Press. Cambridge, Massachusetts.
USA.
44. MANRIQUE, A. 1997. "El maíz en el Perú" 2da Edición. CONCYTEC.
Lima,Perú.
45. MATSUOKA, Y.; Y. Vigouroux; M.M. Goodman; G.J. Sanchez; E.
Buckler; J. Doebley. 2002. "A single domestication for maize shown by
multilocus microsatellite genotyping". PNAS. Vol. 99, pp. 6080-6084.

46. MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2002a. Estadísticas de producción 2002. Dirección General de Información Agraria. Lima – Perú.
47. MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2002b. Perú: Recursos y Panorama Económico. Dirección General de Información Agraria. Lima – Perú.
48. MINISTERIO DE AGRICULTURA 2003. Estadísticas de producción 2003. Dirección General de Información Agraria. Lima – Perú.
49. MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2006. Cultivos de importancia nacional: Maíz. Lima, Perú.
50. NARRO, L.; C. de León; F. Salazar. 2003. “Generation of improved maize germplasm tolerant to biotic and abiotic stresses”. En: Arnel r. Hallauer. Int. Sym. On Plant breeding. CIMMYT. Mexico.
51. NIGEL, Donald L.; J. H. Smith; J.T. Williams y N. Murthi Anishetty. 1987. “Gene banks and the world’s food”. Princeton University Press. USA.
52. OCHSE, J. J.; M. J. Soule Jr.; M. J. Dijkman y C. Wehlburg. 1991. “Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales” Vol. I y II. Editorial LIMUSA S.A. Mexico.

53. OSCANOVA, C. 2003. "Informe parcial del proyecto "Selección participativa y producción de semilla descentralizada". Caso maíz: EE Santa Ana". INIA, Lima-Perú.
54. PALIWALL,; G. Granados; H. Lafitte y A. Vioch. 2001. "El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción". Roma.
55. PINSTRUP-ANDERSEN, P. y R. Pandya-Lorch. 1997." Can everybody be well fed by 2020 without damaging natural resources?" CIMMYT Economic Program. Mexico.
56. POEHLMAN, J.M. 1992. "Mejoramiento genético de las cosechas" Editorial Limusa. México.
57. REVILLA, P.; R. A. Malvar; M. E. Cartea; A. Butrón; A. Ordás. 2000. "Inheritance of Cold Tolerance at Emergence and during Early Season Growth in Maize". Crop Science. Vol. 40, pp. 1579–1585
58. SALISBURY, F.B.; C.W. Ross; J.M. Alonso. 2000. "Fisiología de las Plantas". Cengage Learning Editores.

59. SÁNCHEZ GONZÁLEZ, J.J.; M. Chuela, 1995. "Systematic and ecogeographic studies on crop gene pools: distribución y caracterización del teocintle". INIFAP y Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
60. SANHUANA, W; R. Sevilla; J. Chura. 2004. "50 años de programa Cooperativo de Investigación de maíz (PCIM)"; pp. 202-203.
61. SCHMIDT, W. 2005. "Metas y estrategias y primeros éxitos en la selección de maíz energético"
62. SERRATOS, J.; M. Willcox; F. Castillo. 1995. "Gene flow among maize landraces improved maize varieties and teosinte implications for transgenic maize". Mexico.
63. SEVILLA, R. 1990. "Comprobación de la tecnología desarrollada para el cultivo de maíz en la sierra del Perú". En: Curso corto: sistema de producción, investigación en Campos de Agricultores. Guaranda, Ecuador.
64. SEVILLA, R. y M. Holle. 1995. "Recursos genéticos vegetales". UNA La Molina. Lima -Perú.

65. SEVILLA, R. 1995. "Germoplasma foráneo de maíz tolerante al frío en los primeros estados de desarrollo para adaptar las variables de la sierra del Perú a siembras tempranas". En: III Reunión Latinoamericana y XVI de la zona andina de investigadores en maíz. Cochabamba, Santa Cruz, Bolivia.
66. SEVILLA, R. y J. Chura. 2002. Informe: "La colección de germoplasma de maíz del Perú". PCIM, UNALM. Lima-Perú.
67. SEVILLA, R. 2003. "El maíz en la cultura contemporánea: El maíz "Sara-Hara" Historia y posibilidades". U. N. Ricardo Palma. Instituto de Etnobiología. N° 23.
68. SEVILLA, R. 2005. "Magnitud e impacto potencial de la liberación de organismos genéticamente modificados y sus productos comerciales – Caso Maíz" CONAM. pp. 41-61. Perú.
69. SMIRNOFF, N. 2005. "Antioxidants and Reactive Oxygen Species in Plants". Blackwell.
70. SMITH, W.; J. Betrán; E. C. a. Runge. 2004. "Corn: Origin, History, Technology and Production". John Wiley and Sons.

71. STEPONKUS, Peter L. 1996. "Advances in low-temperature biology". Elsevier Science Ltd. Amsterdam, The Netherlands.
72. TABA, S.; J. Berthaud; Y. Savidan; M. Berré y O. Leblanc. 1997. "Biodiversity and Trust: Maize, Tripsacum and teosinte. Edit CGIAR. Cambridge University Press.
73. TAIZ L.; E. Zeiger. 2006. "High and Low Temperature Stresses, Thermo-Adaptation and Cold Acclimation". Plant Physiology, Fourth Edition. Chapter 26, pp. 682-692. Consulta electrónica.
74. TAPIA, M. 2002. Informe del Proyecto "Conservación in situ de las plantas cultivadas en el Perú y sus parientes silvestres". IIAP. Lima-Perú.
75. VEGETTI, C.; A. M. Anton. 2000. "The Grass Inflorescence" In S. W. L. Jacobs, J. Evverett, K. L. Wilson, D. Morrison, eds. Grasses: Systematics and Evolution. pp. 29-34. CSIRO Publishing.
76. VIGOUROUX, Y.; J.S. Jaqueth; Y. Matsuoka; O.S. Smith; W.D. Beavis; J.S.C. Smith; J. Doebley. 2002. "Rate and pattern of mutation at microsatellite loci in maize". Molecular Biology and Evolution. Vol.19, pp. 1251-1260.

77. WALLACE, D.H. y W. Yan. 1998. "Plant Breeding and whole – system crop physiology" Edit ab Internacional. U.K.

78. WILKES, G. 2004. "Corn, Strange and Marvelous: But Is a Definitive Origin Known?" In W. Smith, J. Betrán, E.C.a. Runge, eds. *Corn: Origin, Technology, and Production*. pp. 3-45. John Wiley and Sons, UK.

79. www.wikipedia.org. Consultas en la red.

ANEXO

Figura 1. Descripción de las características fenotípicas evaluadas en las poblaciones híbridas KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO y KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO.

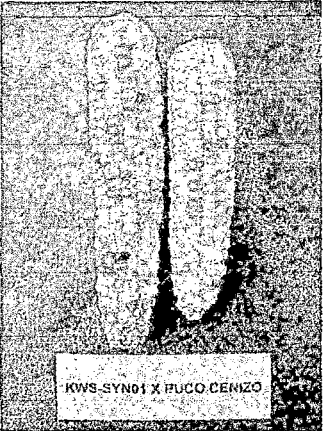
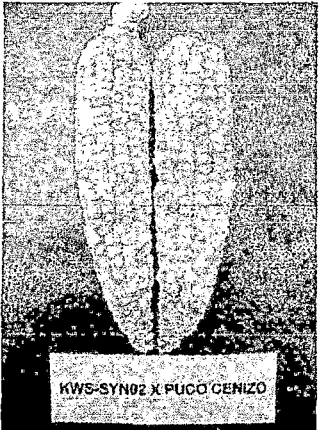
KWS-SYN 01 x PUCCO CENIZO																							
<i>Código de Campo ECT.01</i>																							
	<p style="text-align: center;">Características de la población (promedio)</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">Altura promedio final</td> <td style="text-align: right;">200 cm.</td> </tr> <tr> <td>Vigor</td> <td style="text-align: right;">muy bueno</td> </tr> <tr> <td>Producción de biomasa aérea</td> <td style="text-align: right;">muy alta</td> </tr> <tr> <td>Rendimiento de mazorca</td> <td style="text-align: right;">muy bueno</td> </tr> <tr> <td>Aparición de inflorescencia masculina</td> <td style="text-align: right;">a los 130 d.d.s.</td> </tr> <tr> <td>Aparición de inflorescencia femenina</td> <td style="text-align: right;">a los 155 d.d.s.</td> </tr> <tr> <td>Formación de mazorca choclo</td> <td style="text-align: right;">a los 200 d.d.s.</td> </tr> <tr> <td>Formación de mazorca seca</td> <td style="text-align: right;">a los 225 d.d.s.</td> </tr> <tr> <td>Senescencia total</td> <td style="text-align: right;">250 d.d.s.</td> </tr> <tr> <td>% genotipos precoces</td> <td style="text-align: right;">96%</td> </tr> <tr> <td>% genotipos precoces con mazorca de calidad</td> <td style="text-align: right;">93%</td> </tr> </table>	Altura promedio final	200 cm.	Vigor	muy bueno	Producción de biomasa aérea	muy alta	Rendimiento de mazorca	muy bueno	Aparición de inflorescencia masculina	a los 130 d.d.s.	Aparición de inflorescencia femenina	a los 155 d.d.s.	Formación de mazorca choclo	a los 200 d.d.s.	Formación de mazorca seca	a los 225 d.d.s.	Senescencia total	250 d.d.s.	% genotipos precoces	96%	% genotipos precoces con mazorca de calidad	93%
Altura promedio final	200 cm.																						
Vigor	muy bueno																						
Producción de biomasa aérea	muy alta																						
Rendimiento de mazorca	muy bueno																						
Aparición de inflorescencia masculina	a los 130 d.d.s.																						
Aparición de inflorescencia femenina	a los 155 d.d.s.																						
Formación de mazorca choclo	a los 200 d.d.s.																						
Formación de mazorca seca	a los 225 d.d.s.																						
Senescencia total	250 d.d.s.																						
% genotipos precoces	96%																						
% genotipos precoces con mazorca de calidad	93%																						
KWS-SYN 02 x PUCCO CENIZO																							
<i>Código de Campo ECT.02</i>																							
	<p style="text-align: center;">Características de la población (promedio)</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">Altura promedio final</td> <td style="text-align: right;">206 cm.</td> </tr> <tr> <td>Vigor</td> <td style="text-align: right;">muy bueno</td> </tr> <tr> <td>Producción de biomasa aérea</td> <td style="text-align: right;">muy alta</td> </tr> <tr> <td>Rendimiento de mazorca</td> <td style="text-align: right;">muy bueno</td> </tr> <tr> <td>Aparición de inflorescencia masculina</td> <td style="text-align: right;">a los 130 d.d.s.</td> </tr> <tr> <td>Aparición de inflorescencia femenina</td> <td style="text-align: right;">a los 155 d.d.s.</td> </tr> <tr> <td>Formación de mazorca choclo</td> <td style="text-align: right;">a los 200 d.d.s.</td> </tr> <tr> <td>Formación de mazorca seca</td> <td style="text-align: right;">a los 225 d.d.s.</td> </tr> <tr> <td>Senescencia total</td> <td style="text-align: right;">250 d.d.s.</td> </tr> <tr> <td>% genotipos precoces</td> <td style="text-align: right;">100%</td> </tr> <tr> <td>% genotipos precoces con mazorca de calidad</td> <td style="text-align: right;">97%</td> </tr> </table>	Altura promedio final	206 cm.	Vigor	muy bueno	Producción de biomasa aérea	muy alta	Rendimiento de mazorca	muy bueno	Aparición de inflorescencia masculina	a los 130 d.d.s.	Aparición de inflorescencia femenina	a los 155 d.d.s.	Formación de mazorca choclo	a los 200 d.d.s.	Formación de mazorca seca	a los 225 d.d.s.	Senescencia total	250 d.d.s.	% genotipos precoces	100%	% genotipos precoces con mazorca de calidad	97%
Altura promedio final	206 cm.																						
Vigor	muy bueno																						
Producción de biomasa aérea	muy alta																						
Rendimiento de mazorca	muy bueno																						
Aparición de inflorescencia masculina	a los 130 d.d.s.																						
Aparición de inflorescencia femenina	a los 155 d.d.s.																						
Formación de mazorca choclo	a los 200 d.d.s.																						
Formación de mazorca seca	a los 225 d.d.s.																						
Senescencia total	250 d.d.s.																						
% genotipos precoces	100%																						
% genotipos precoces con mazorca de calidad	97%																						

Figura 2. Descripción de las características fenotípicas evaluadas en las poblaciones híbridas KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA y KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA.

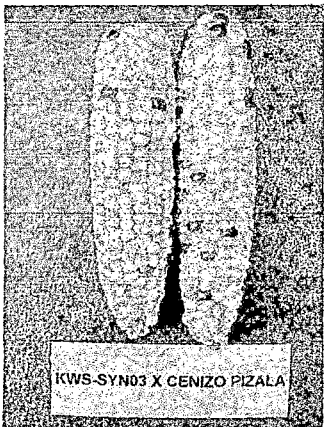
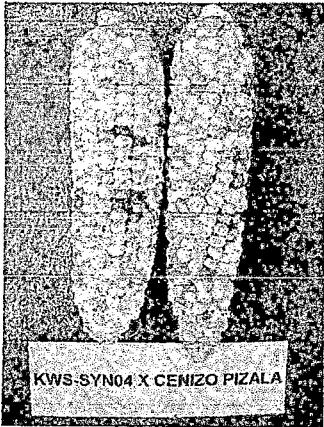
KWS-SYN 03 x CENIZO PIZALA	
<i>Código de Campo ECT.03</i>	
	Características de la población (promedio)
Altura promedio final	215 cm.
Vigor	muy bueno
Producción de biomasa aérea	muy alta
Rendimiento de mazorca	muy bueno
Aparición de inflorescencia masculina	a los 130 d.d.s.
Aparición de inflorescencia femenina	a los 155 d.d.s.
Formación de mazorca choclo	a los 200 d.d.s.
Formación de mazorca seca	a los 225 d.d.s.
Senescencia total	250 d.d.s.
% genotipos precoces	100%
% genotipos precoces con mazorca de calidad	97%
KWS-SYN 04 x CENIZO PIZALA	
<i>Código de Campo ECT.04</i>	
	Características de la población (promedio)
Altura promedio final	211 cm.
Vigor	muy bueno
Producción de biomasa aérea	muy alta
Rendimiento de mazorca	muy bueno
Aparición de inflorescencia masculina	a los 130 d.d.s.
Aparición de inflorescencia femenina	a los 155 d.d.s.
Formación de mazorca choclo	a los 205 d.d.s.
Formación de mazorca seca	a los 225 d.d.s.
Senescencia total	250 d.d.s.
% genotipos precoces	100%
% genotipos precoces con mazorca de calidad	96%

Figura 3. Descripción de las características fenotípicas evaluadas en las poblaciones híbridas KWS-SYN 05 x CENIZO C y KWS-SYN 06 x CENIZO C.

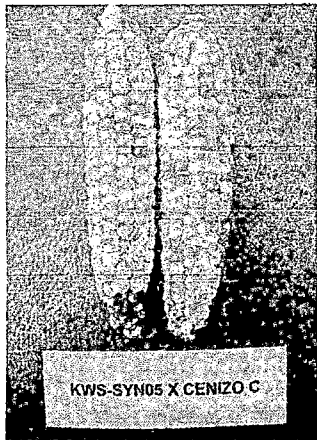
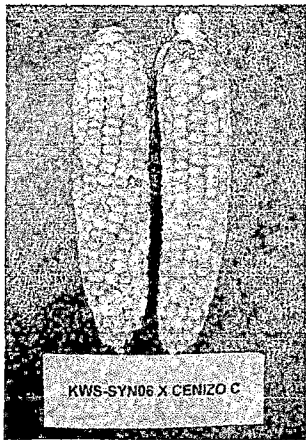
KWS-SYN 05 x CENIZO C																							
<i>Código de Campo ECT.05</i>																							
	Características de la población (promedio)																						
	<table> <tr> <td>Altura promedio final</td> <td>203 cm.</td> </tr> <tr> <td>Vigor</td> <td>muy bueno</td> </tr> <tr> <td>Producción de biomasa aérea</td> <td>alta</td> </tr> <tr> <td>Rendimiento de mazorca</td> <td>regular</td> </tr> <tr> <td>Aparición de inflorescencia masculina</td> <td>a los 135 d.d.s.</td> </tr> <tr> <td>Aparición de inflorescencia femenina</td> <td>a los 160 d.d.s.</td> </tr> <tr> <td>Formación de mazorca choclo</td> <td>a los 205 d.d.s.</td> </tr> <tr> <td>Formación de mazorca seca</td> <td>a los 230 d.d.s.</td> </tr> <tr> <td>Senescencia total</td> <td>250 d.d.s.</td> </tr> <tr> <td>% genotipos precoces</td> <td>62%</td> </tr> <tr> <td>% genotipos precoces con mazorca de calidad</td> <td>58%</td> </tr> </table>	Altura promedio final	203 cm.	Vigor	muy bueno	Producción de biomasa aérea	alta	Rendimiento de mazorca	regular	Aparición de inflorescencia masculina	a los 135 d.d.s.	Aparición de inflorescencia femenina	a los 160 d.d.s.	Formación de mazorca choclo	a los 205 d.d.s.	Formación de mazorca seca	a los 230 d.d.s.	Senescencia total	250 d.d.s.	% genotipos precoces	62%	% genotipos precoces con mazorca de calidad	58%
Altura promedio final	203 cm.																						
Vigor	muy bueno																						
Producción de biomasa aérea	alta																						
Rendimiento de mazorca	regular																						
Aparición de inflorescencia masculina	a los 135 d.d.s.																						
Aparición de inflorescencia femenina	a los 160 d.d.s.																						
Formación de mazorca choclo	a los 205 d.d.s.																						
Formación de mazorca seca	a los 230 d.d.s.																						
Senescencia total	250 d.d.s.																						
% genotipos precoces	62%																						
% genotipos precoces con mazorca de calidad	58%																						
KWS-SYN 06 x CENIZO C																							
<i>Código de Campo ECT.06</i>																							
	Características de la población (promedio)																						
	<table> <tr> <td>Altura promedio final</td> <td>206 cm.</td> </tr> <tr> <td>Vigor</td> <td>muy bueno</td> </tr> <tr> <td>Producción de biomasa aérea</td> <td>alta</td> </tr> <tr> <td>Rendimiento de mazorca</td> <td>regular</td> </tr> <tr> <td>Aparición de inflorescencia masculina</td> <td>a los 135 d.d.s.</td> </tr> <tr> <td>Aparición de inflorescencia femenina</td> <td>a los 160 d.d.s.</td> </tr> <tr> <td>Formación de mazorca choclo</td> <td>a los 205 d.d.s.</td> </tr> <tr> <td>Formación de mazorca seca</td> <td>a los 230 d.d.s.</td> </tr> <tr> <td>Senescencia total</td> <td>250 d.d.s.</td> </tr> <tr> <td>% genotipos precoces</td> <td>60%</td> </tr> <tr> <td>% genotipos precoces con mazorca de calidad</td> <td>51%</td> </tr> </table>	Altura promedio final	206 cm.	Vigor	muy bueno	Producción de biomasa aérea	alta	Rendimiento de mazorca	regular	Aparición de inflorescencia masculina	a los 135 d.d.s.	Aparición de inflorescencia femenina	a los 160 d.d.s.	Formación de mazorca choclo	a los 205 d.d.s.	Formación de mazorca seca	a los 230 d.d.s.	Senescencia total	250 d.d.s.	% genotipos precoces	60%	% genotipos precoces con mazorca de calidad	51%
Altura promedio final	206 cm.																						
Vigor	muy bueno																						
Producción de biomasa aérea	alta																						
Rendimiento de mazorca	regular																						
Aparición de inflorescencia masculina	a los 135 d.d.s.																						
Aparición de inflorescencia femenina	a los 160 d.d.s.																						
Formación de mazorca choclo	a los 205 d.d.s.																						
Formación de mazorca seca	a los 230 d.d.s.																						
Senescencia total	250 d.d.s.																						
% genotipos precoces	60%																						
% genotipos precoces con mazorca de calidad	51%																						

Figura 4. Descripción de las características fenotípicas evaluadas en las poblaciones híbridas KWS-SYN 07 x QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO y KWS-SYN 07 x CENIZO C.

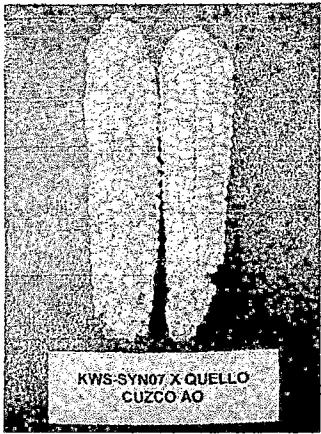
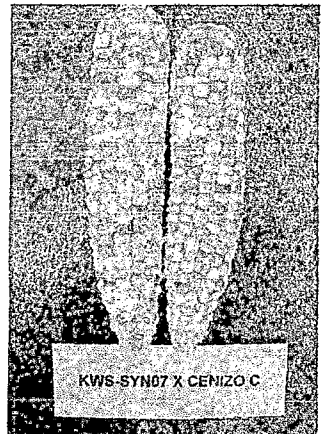
KWS-SYN 07 x QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	
<i>Código de Campo ECT.07</i>	
	Características de la población (promedio)
Altura promedio final	225 cm.
Vigor	muy bueno
Producción de biomasa aérea	muy alta
Rendimiento de mazorca	muy bueno
Aparición de inflorescencia masculina	a los 135 d.d.s.
Aparición de inflorescencia femenina	a los 160 d.d.s.
Formación de mazorca choclo	a los 205 d.d.s.
Formación de mazorca seca	a los 230 d.d.s.
Senescencia total	250 d.d.s.
% genotipos precoces	84%
% genotipos precoces con mazorca de calidad	93%
KWS-SYN 07 x CENIZO C	
<i>Código de Campo ECT.08</i>	
	Características de la población (promedio)
Altura promedio final	209 cm.
Vigor	muy bueno
Producción de biomasa aérea	muy alta
Rendimiento de mazorca	regular
Aparición de inflorescencia masculina	a los 130 d.d.s.
Aparición de inflorescencia femenina	a los 152 d.d.s.
Formación de mazorca choclo	a los 200 d.d.s.
Formación de mazorca seca	a los 225 d.d.s.
Senescencia total	250 d.d.s.
% genotipos precoces	40%
% genotipos precoces con mazorca de calidad	86%

Figura 5. Descripción de las características fenotípicas evaluadas en las poblaciones híbridas KWS-SYN 08 x QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO y KWS-SYN 08 x AMARILLO TARATA.

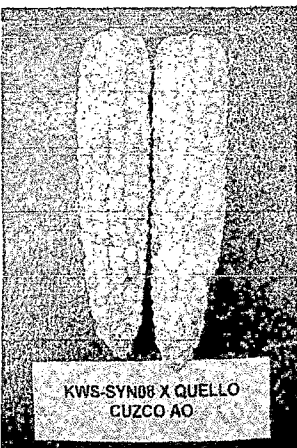
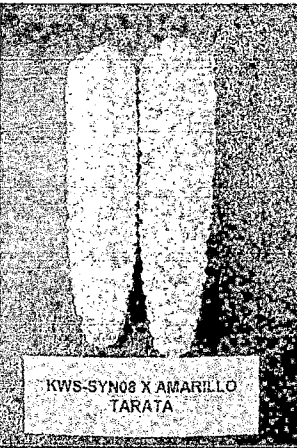
KWS-SYN 08 x QUELLO CUZCO AMARILLO OSCURO	
<i>Código de Campo ECT.09</i>	
	Características de la población (promedio)
Altura promedio final	217 cm.
Vigor	muy bueno
Producción de biomasa aérea	alta
Rendimiento de mazorca	regular
Aparición de inflorescencia masculina	a los 135 d.d.s.
Aparición de inflorescencia femenina	a los 155 d.d.s.
Formación de mazorca choclo	a los 205 d.d.s.
Formación de mazorca seca	a los 230 d.d.s.
Senescencia total	250 d.d.s.
% genotipos precoces	27%
% genotipos precoces con mazorca de calidad	86%
KWS-SYN 08 x AMARILLO TARATA	
<i>Código de Campo ECT.10</i>	
	Características de la población (promedio)
Altura promedio final	218 cm.
Vigor	muy bueno
Producción de biomasa aérea	alta
Rendimiento de mazorca	bueno
Aparición de inflorescencia masculina	a los 130 d.d.s.
Aparición de inflorescencia femenina	a los 152 d.d.s.
Formación de mazorca choclo	a los 205 d.d.s.
Formación de mazorca seca	a los 230 d.d.s.
Senescencia total	250 d.d.s.
% genotipos precoces	51%
% genotipos precoces con mazorca de calidad	85%

Figura 6. Descripción de las características fenotípicas evaluadas en las poblaciones híbridas KWS-SYN 09 x AMARILLO TARATA y KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE.

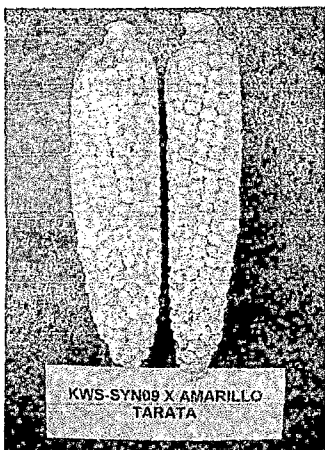
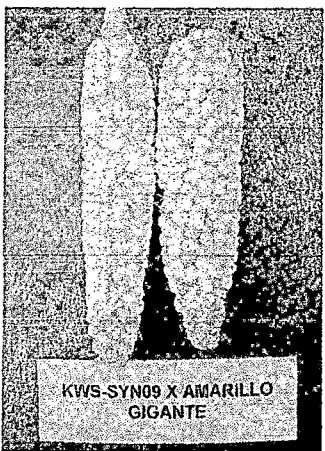
KWS-SYN 09 x AMARILLO TARATA	
<i>Código de Campo ECT.11</i>	
	Características de la población (promedio)
Altura promedio final	219 cm.
Vigor	muy bueno
Producción de biomasa aérea	muy alta
Rendimiento de mazorca	regular
Aparición de inflorescencia masculina	a los 130 d.d.s.
Aparición de inflorescencia femenina	a los 152 d.d.s.
Formación de mazorca choclo	a los 200 d.d.s.
Formación de mazorca seca	a los 225 d.d.s.
Senescencia total	250 d.d.s.
% genotipos precoces	24%
% genotipos precoces con mazorca de calidad	92%
KWS-SYN 09 x AMARILLO GIGANTE	
<i>Código de Campo ECT.12</i>	
	Características de la población (promedio)
Altura promedio final	223 cm.
Vigor	muy bueno
Producción de biomasa aérea	muy alta
Rendimiento de mazorca	muy bueno
Aparición de inflorescencia masculina	a los 130 d.d.s.
Aparición de inflorescencia femenina	a los 160 d.d.s.
Formación de mazorca choclo	a los 205 d.d.s.
Formación de mazorca seca	a los 230 d.d.s.
Senescencia total	250 d.d.s.
% genotipos precoces	82%
% genotipos precoces con mazorca de calidad	90%

Figura 7. Descripción de las características fenotípicas evaluadas en las poblaciones híbridas KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE y KWS-SYN 11 x QUELLO CUZCO AMARILLO CLARO.

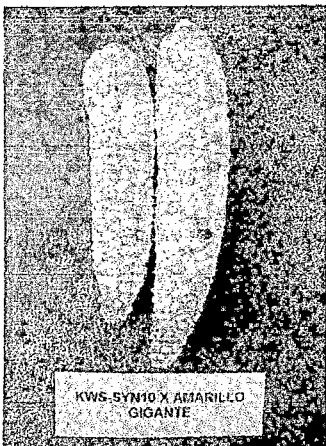
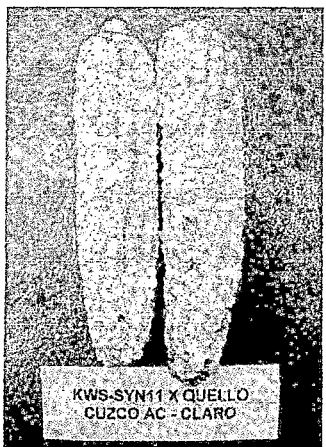
KWS-SYN 10 x AMARILLO GIGANTE	
<i>Código de Campo ECT.13</i>	
	Características de la población (promedio)
Altura promedio final	225 cm.
Vigor	muy bueno
Producción de biomasa aérea	muy alta
Rendimiento de mazorca	bueno
Aparición de inflorescencia masculina	a los 135 d.d.s.
Aparición de inflorescencia femenina	a los 160 d.d.s.
Formación de mazorca choclo	a los 205 d.d.s.
Formación de mazorca seca	a los 230 d.d.s.
Senescencia total	250 d.d.s.
% genotipos precoces	47%
% genotipos precoces con mazorca de calidad	87%
KWS-SYN 11 x QUELLO CUZCO AMARILLO CLARO	
<i>Código de Campo ECT.14</i>	
	Características de la población (promedio)
Altura promedio final	229 cm.
Vigor	muy bueno
Producción de biomasa aérea	muy alta
Rendimiento de mazorca	bueno
Aparición de inflorescencia masculina	a los 135 d.d.s.
Aparición de inflorescencia femenina	a los 160 d.d.s.
Formación de mazorca choclo	a los 205 d.d.s.
Formación de mazorca seca	a los 230 d.d.s.
Senescencia total	250 d.d.s.
% genotipos precoces	56%
% genotipos precoces con mazorca de calidad	89%

Figura 8. Prueba de viabilidad de semillas de las variedades nativas en el laboratorio de cultivo *in vitro*, Facultad de Ciencias Agrícolas – UNJBG.

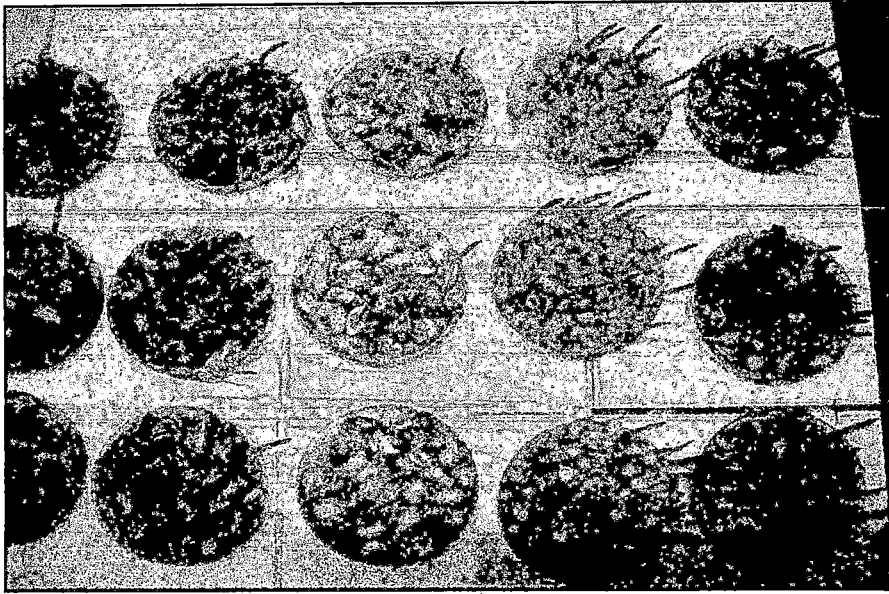


Figura 9. Prueba de viabilidad de semillas de las poblaciones híbridas F1 en el laboratorio de cultivo *in vitro*, Facultad de Ciencias Agrícolas – UNJBG.

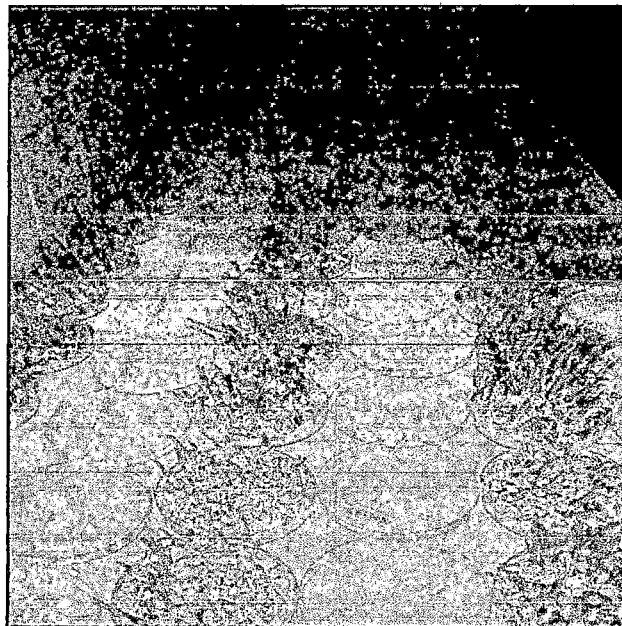


Figura 10. Diferencias fenotípicas entre las poblaciones sintéticas y variedades nativas en el color y arquitectura de las plantas, temporada de cruzamientos.



Figura 11. Diferencias fenotípicas entre las poblaciones sintéticas y variedades nativas en el color y arquitectura de las plantas, temporada de cruzamientos.



Figura 12. Diferencias fenotípicas en la senescencia de las plantas, entre las poblaciones sintéticas (adelante) que muestran su precocidad y las variedades nativas (atrás) su largo periodo vegetativo.



Figura 13. Diferencias fenotípicas en la senescencia de las plantas, entre las poblaciones sintéticas (derecha) que muestran su precocidad y las variedades nativas (izquierda) su largo periodo vegetativo.



Figura 14. Diferencias fenotípicas en la formación de mazorca seca, entre las poblaciones sintéticas (adelante) que muestran su precocidad y las variedades nativas (atrás) su largo periodo vegetativo.



Figura 15. Polinización cruzada entre líneas sintéticas sin inflorescencia masculina (izquierda) y las variedades nativas con inflorescencia masculina en desarrollo (derecha).



Figura 16. Muy buen vigor y altura de las plantas, mostrado por las poblaciones híbridas F1 en la segunda temporada de evaluaciones.



Figura 17. Variabilidad en el inicio de la senescencia, mostrado por las poblaciones híbridas F1 en la segunda temporada de evaluaciones.



Figura 18. Campo experimental Fundo Circa en la provincia de Tarata, Tacna. Temporada evaluativa de las poblaciones híbridas F1.



Figura 19. Buen rendimiento de mazorca de calidad entre los genotipos precoces de las poblaciones híbridas F1



Figura 20. Cosecha de las poblaciones híbridas F1 en la segunda temporada evaluativa.



Figura 21. Población híbrida F1 en total senescencia. Segunda temporada evaluativa. Fundo Circa- Tarata, Tacna.

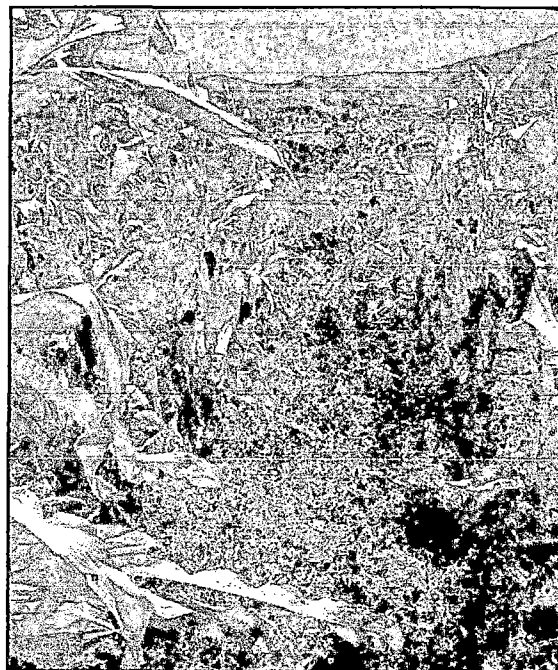
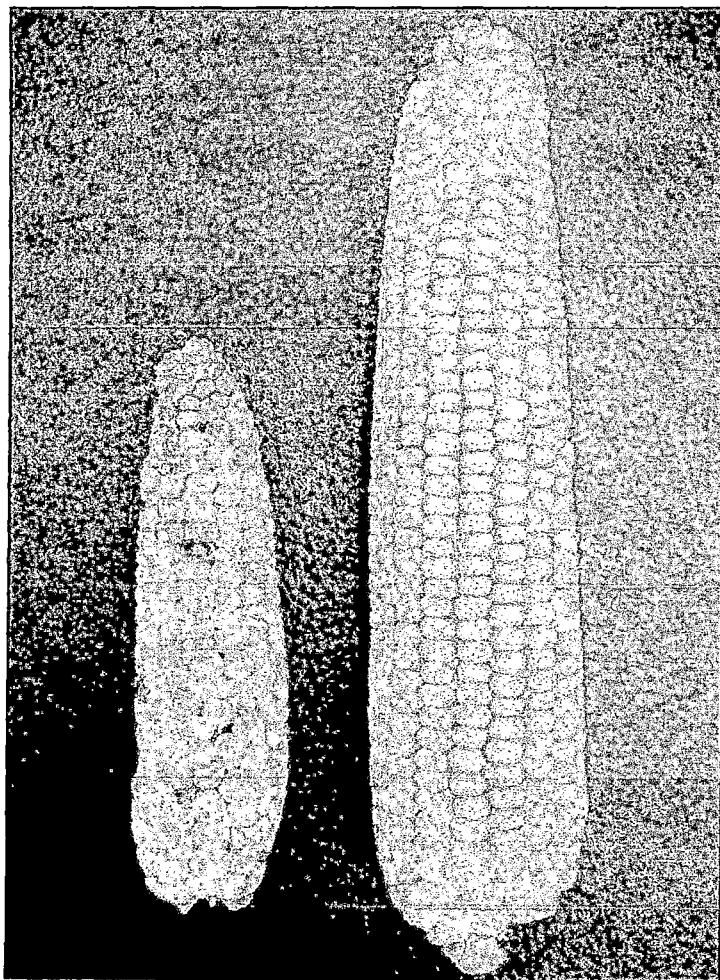
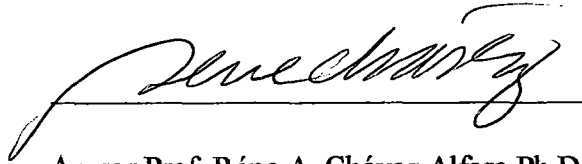
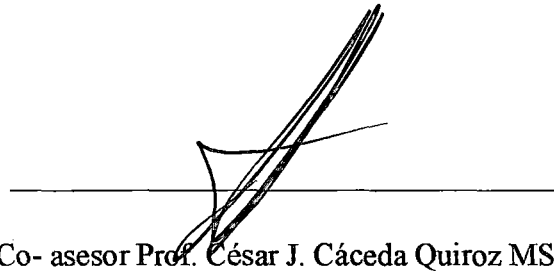


Figura 22. Diferencia significativa en el tamaño y calidad general entre dos mazorcas de la línea sintética KWS-SYN 01, una obtenida en la zona altoandina de Tarata, Tacna estresada por las bajas temperaturas (izquierda), y otra obtenida en la zona costera a 400 m.s.n.m. (derecha).

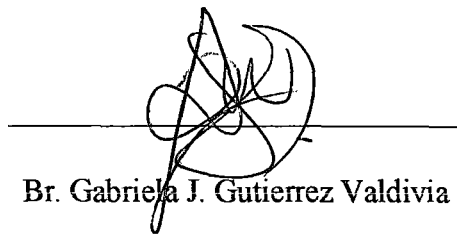


A handwritten signature in cursive script, appearing to read 'René A. Chávez Alfaro', written over a horizontal line.

Asesor Prof. René A. Chávez Alfaro Ph.D.

A handwritten signature in cursive script, appearing to read 'César J. Cáceda Quiroz', written over a horizontal line.

Co- asesor Prof. César J. Cáceda Quiroz MSc.

A handwritten signature in cursive script, appearing to read 'Gabriela J. Gutierrez Valdivia', written over a horizontal line.

Br. Gabriela J. Gutierrez Valdivia