

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA	1
1.2 SISTEMÁTICA DEL GÉNERO ZEA	5
1.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA PLANTA	7
1.3.1 <i>Desarrollo vegetativo</i>	8
1.3.2 <i>Reproductivo</i>	12
1.3.2.1 <i>Inflorescencia masculina y flores estaminadas</i>	13
1.3.2.2 <i>Inflorescencia femenina y flores pistiladas</i>	15
1.3.2.3 <i>Grano</i>	21
1.3.2.3.1 <i>Cubiertas seminales</i>	21
1.3.2.3.2 <i>Nucelo</i>	22
1.3.2.3.3 <i>Endosperma</i>	22
1.3.2.3.4 <i>Embrión</i>	24
1.4 BIOLOGÍA FLORAL, ANTESIS Y FECUNDACIÓN	25
1.5 EL MAÍZ EN LA HISTORIA	28
1.6 ORIGEN DEL MAÍZ DOMESTICADO	32
ÍNDICE	
<hr/>	
1.7 ORIGEN POLIPLOIDE DEL MAÍZ	36

1.8 VARIABILIDAD Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL GÉNERO ZEA	37
1.9 IMPORTANCIA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL CULTIVO DE MAÍZ	40
1.10 EL CULTIVO DE MAÍZ EN LA REPÚBLICA ARGENTINA	45
1.11 SITUACIÓN Y PERSPECTIVA DEL CULTIVO DE MAÍZ	48
1.11.1 <i>Internacional</i>	48
1.11.2 <i>Argentina</i>	53
1.12 CALIDAD DEL GRANO DE MAÍZ	56
1.13 USOS E INDUSTRIALIZACIÓN DEL GRANO	57
1.13.1 <i>Generalidades</i>	57
1.13.2 <i>Usos del maíz como alimento humano</i>	59
1.13.3 <i>Maíces especiales y su uso como alimento humano</i>	61
1.13.4 <i>Maíces para consumo animal</i>	62
1.13.5 <i>Industrialización</i>	64
1.13.5.1 <i>Molienda húmeda</i>	64
1.13.5.2 <i>Molienda seca</i>	66
1.14 BREVE HISTORIA DE LA MEJORA GENÉTICA DEL MAÍZ	67
1.14.1 <i>En el mundo</i>	67
1.14.2 <i>En Argentina</i>	71

ÍNDICE

CAPÍTULO 2. DESARROLLO DE MAÍCES PARA	74
--	-----------

USO ESPECIAL	
2.1 CONSIDERACIONES GENERALES	74
2.2 HIPÓTESIS DE TRABAJO	75
2.3 OBJETIVOS	75
2.3.1 <i>Generales</i>	75
2.3.2 <i>Particulares o Específicos</i>	75
2.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DESARROLLO DE LOS MATERIALES	76
2.4.1 <i>Materiales de partida o fundacionales</i>	76
2.4.2 <i>Obtención de las nuevas líneas de maíz</i>	80
2.4.3 <i>Ensayos de aptitud combinatoria de las líneas</i>	88
2.4.4 <i>Efectos de la endocría continua (depresión por consanguinidad)</i>	89
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍAS UTILIZADAS PARA DESCRIBIR Y EVALUAR A LOS NUEVOS MAÍCES PARA USO ESPECIAL	90
3.1 INTRODUCCIÓN	90
3.2 MATERIALES Y MÉTODOS	93
3.2.1 <i>Materiales empleados</i>	93
3.2.2 <i>Localización, Diseño, Siembra y Mantenimiento de los Ensayos de evaluación</i>	93
3.2.3 <i>Evaluación y caracterización morfoagronómica de los materiales</i>	96
3.2.3.1 <i>Caracteres morfológicos</i>	97
3.2.3.1.1 <i>Planta y prolificidad</i>	97
<u>ÍNDICE</u>	<hr/>
3.2.3.1.2 <i>Espiga</i>	97

3.2.3.1.3	<i>Grano</i>	98
3.2.3.2	<i>Caracteres fisiológicos</i>	98
3.2.3.2.1	<i>Ciclo evolutivo</i>	98
3.2.3.2.2	<i>Rendimiento potencial mínimo de grano (RPMG)</i>	100
3.2.3.3	<i>Análisis estadístico de los datos agronómicos</i>	100
3.2.4	<i>Evaluación química de los materiales</i>	106
3.2.4.1	<i>Espectroscopia de infrarrojo cercano por reflectancia (NIR)</i>	108
3.2.4.2	<i>Estudios del almidón</i>	109
3.2.4.2.1	<i>Aislamiento, purificación y cuantificación del almidón por vía analítica</i>	109
3.2.4.2.2	<i>Fraccionamiento molecular del almidón mediante el método de la solubilidad diferencial en butanol:agua</i>	109
3.2.4.2.3	<i>Caracterización de los polisacáridos mediante espectrofotometría u.v.</i>	110
3.2.4.3	<i>Determinación de la calidad proteica mediante cromatografía líquida de alta resolución en fase reversa (RP-HPLC)</i>	111
3.2.4.4	<i>Análisis de la calidad de ácidos grasos mediante cromatografía en fase gaseosa</i>	113
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA EVALUACIÓN QUÍMICA		114
4.1	COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CALIDAD DEL GRANO DE MAÍZ	114
4.2	ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN DEL GRANO ENTERO DE LAS LÍNEAS ENDOCRIADAS CIG E HÍBRIDOS SIMPLES HC MEDIANTE ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO CERCANO POR REFLECTANCIA	114
		ÍNDICE
<hr/>		
4.2.1	<i>Determinación del contenido de aceite</i>	116

4.2.2	<i>Determinación del nivel proteico</i>	121
4.2.3	<i>Determinación del nivel de carbohidratos</i>	125
4.3	ANÁLISIS DE LA INTERACCIÓN GENOTIPO X AMBIENTE DE LOS COMPONENTES QUÍMICOS DEL GRANO	
4.4	CORRELACIÓN FENOTÍPICA ENTRE COMPONENTES QUÍMICOS DEL GRANO	135
4.5	CALIDAD DEL ACEITE DEL GRANO DE LAS LÍNEAS ENDOCRIADAS CIG E HÍBRIDOS SIMPLES HC	136
4.6	CALIDAD DE LAS PROTEÍNAS DEL ENDOSPERMA DEL GRANO DE LAS LÍNEAS ENDOCRIADAS CIG E HÍBRIDOS SIMPLES HC	142
4.7	CALIDAD DEL ALMIDÓN CONTENIDO EN EL ENDOSPERMA DE LAS LÍNEAS ENDOCRIADAS CIG E HÍBRIDOS SIMPLES HC	157
4.8	ASPECTOS DE INTERÉS APLICADO	173
CAPÍTULO 5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA EVALUACIÓN AGRONÓMICA POR CARACTERES MORFOLÓGICOS	175
5.1	CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LAS LÍNEAS PURAS CIG	175
5.1.1	<i>Análisis de la varianza de los caracteres morfológicos</i>	183
5.2	CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LOS HÍBRIDOS SIMPLES HC	186
5.2.1	<i>Análisis de la varianza y estimación de los parámetros genéticos para los caracteres morfológicos de los híbridos simples HC</i>	194
<u>ÍNDICE</u>		
5.2.2	<i>Análisis de la estabilidad de los caracteres morfológicos en</i>	197

híbridos HC aplicando el coeficiente de variabilidad de Francis y Kannenberg (CV%)

5.3 ASPECTOS DE INTERÉS APLICADO	201
CAPÍTULO 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA EVALUACIÓN AGRONÓMICA POR CARACTERES DE CICLO A FLORACIÓN FEMENINA	203
6.1 EVALUACIÓN DEL CICLO EN DÍAS Y REQUERIMIENTO TÉRMICO A FLORACIÓN FEMENINA DE LAS LÍNEAS PURAS CIG	203
6.1.1 <i>Análisis de la varianza y determinación de parámetros genéticos para caracteres del ciclo a floración femenina en las líneas CIG</i>	209
6.1.2 <i>Evaluación de la estabilidad del ciclo a floración femenina de las líneas puras CIG mediante el coeficiente de variabilidad de Francis y Kannenberg (CV%)</i>	212
6.1.3 <i>Valoración de la interacción genotipo x ambiente para el número de días a R_1 en líneas CIG utilizando el análisis estadístico multivariado (AMMI)</i>	214
6.2 VALORACIÓN DEL CICLO A FLORACIÓN FEMENINA DE LOS HÍBRIDOS HC	216
6.2.1 <i>Estudio de la interacción genotipo x ambiente (IGA) para caracteres de ciclo en los híbridos HC</i>	221
6.2.1.1 <i>Análisis combinado de la varianza (ANAVA)</i>	221
6.2.1.2. <i>Análisis de estabilidad para caracteres de ciclo en híbridos HC mediante aproximación paramétrica</i>	227
6.2.1.2.1 <i>Medida de la estabilidad fenotípica aplicando el concepto estático</i>	227
6.2.1.2.2 <i>Análisis de regresión conjunta (JLR) para caracteres de ciclo a través de años y localidades</i>	230
ÍNDICE	
6.2.1.2.3 <i>Análisis de estabilidad de los caracteres de ciclo</i>	233

	<i>mediante ecovalencia</i>	
6.2.1.3	<i>Análisis de interacción genotipo x ambiente para caracteres caracteres de ciclo en híbridos HC aplicando un modelo estadístico multivariado</i>	237
6.2.2	<i>Efecto de la heterosis sobre caracteres de ciclo en híbridos HC</i>	244
6.3	ASPECTOS DE INTERÉS APLICADO	246
CAPÍTULO 7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA EVALUACIÓN AGRONÓMICA POR CARACTERES DE RENDIMIENTO	249
7.1	DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN LÍNEAS ENDOCRIADAS CIG	249
7.1.1	<i>Análisis de la varianza y determinación de parámetros genéticos para el rendimiento de las líneas puras CIG</i>	257
7.1.2	<i>Evaluación de la estabilidad del rendimiento de las líneas endogámicas CIG aplicando análisis univariado paramétrico y análisis multivariado</i>	259
7.2	DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN HÍBRIDOS SIMPLES HC	261
7.2.1	<i>Estudio de la interacción genotipo x ambiente (IGA) y estabilidad para el carácter rendimiento en los híbridos HC</i>	274
7.2.1.1	<i>Análisis combinado de la varianza (ANAVA)</i>	274
7.2.1.2	<i>Análisis de regresión conjunta (JLR) y de ecovalencia para el rendimiento a través de años y localidades</i>	277
7.2.1.3	<i>Aplicación del análisis multivariado al estudio de la interacción genotipo x ambiente para el carácter rendimiento en híbridos simples HC</i>	281
7.2.1.3.1	<i>Modelos de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI)</i>	281
ÍNDICE		
7.2.1.3.2	<i>Modelos bidimensionales de regresión por sitio (SREG)</i>	286

7.2.2 Efecto de la heterosis sobre el rendimiento de los híbridos HC	288
7.2.3 Análisis de agrupamiento de las cruzas simples HC	294
7.3 ASPECTOS DE INTERÉS APLICADO	296
CAPÍTULO 8. USO POTENCIAL DE LOS HÍBRIDOS HC EN APLICACIONES INDUSTRIALES	299
8.1 DESARROLLO DE UNA EMULSIÓN BIOPLÁSTICA PARA LA INDUSTRIA COSMÉTICA A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL HÍBRIDO WAXY HC1	299
8.2 USO POTENCIAL DE LOS HÍBRIDOS HC PARA PRODUCIR BIOCOMBUSTIBLE	301
CONCLUSIONES	308
BIBLIOGRAFÍA	312

	Página	
Tabla 1.1	Actualización de mega-ambientes de maíz según la normativa del Comité de especialistas del CIMMYT organizado en 1991	43
Tabla 1.2	Criterios agroclimáticos utilizados en la clasificación de medios ambientes del maíz de Doswell, Paliwal y Cantrell (1996)	43
Tabla 1.3	Descripción, regiones, países y sitios representativos asociados con mega-ambientes globales de maíz (ME)	44
Tabla 1.4	Evolución de la superficie cultivada, producción total y rendimiento por hectárea del cultivo de maíz en Argentina entre 1970 y 1998	54
Tabla 1.5	Posicionamiento de la Argentina en la última década como país productor y exportador a nivel mundial	55
Tabla 1.6	Uso del maíz en los países tropicales según región (Tomado de Paliwal, 2005)	58
Tabla 2.7	Características relevantes de los materiales base o fundacionales	78
Tabla 2.8	Características relevantes de las líneas puras incorporadas desde bancos de germoplasma	79
Tabla 2.9	Características de las cruzas desarrolladas para ser utilizadas como materiales base o fundacionales	82
Tabla 2.10	Listado de 28 nuevas líneas puras desarrolladas a partir de diversos materiales y las cinco líneas utilizadas como testigos del ensayo	87
Tabla 2.11	Híbridos simples obtenidos a partir de la cruce de líneas CIG	88

ÍNDICE

Tabla 3.12	Esperanza de cuadrados medios (CM) del ANAVA combinado a través de años aplicado a las líneas	103
------------	---	-----

endogámicas CIG

Tabla 3.13	Esperanza de cuadrados medios (CM) del ANAVA combinado a través de años aplicado a los híbridos simples HC	103
Tabla 4.14	Nivel medio de aceite de las líneas CIG ensayadas en tres ambientes	120
Tabla 4.15	Contenido medio de aceite de los híbridos HC ensayados en tres ambientes	121
Tabla 4.16	Nivel medio de proteína de las líneas CIG ensayadas en tres ambientes	124
Tabla 4.17	Contenido medio de proteína de los híbridos HC ensayados en tres ambientes	125
Tabla 4.18	Contenido medio de carbohidratos de las líneas CIG ensayadas en tres ambientes	127
Tabla 4.19	Contenido medio de carbohidratos de los híbridos HC ensayados en tres ambientes	128
Tabla 4.20	Resultados del análisis de la varianza combinado en años para los componentes químicos del grano de las líneas endogámicas CIG e híbridos simples HC ensayados en Llavallol (Prov. Bs. As., Argentina)	129
Tabla 4.21	Comparación de las medias ambientales estimadas para los componentes químicos del grano de los materiales genéticos ensayados en Llavallol (Prov. Bs. As., Argentina) mediante la prueba $t_{Student}$	130
Tabla 4.22	Valor de constancia (C) de los componentes químicos del grano de las líneas CIG e híbridos simples HC cosechados en Llavallol entre 2002/03 a 2004/05	131

ÍNDICE

Tabla 4.23	Composición porcentual de ácidos grasos del grano de las líneas endogámicas CIG	138
------------	---	-----

Tabla 4.24	Composición porcentual de ácidos grasos del aceite del germen de los híbridos HC	139
Tabla 4.25	Resultados del análisis de la varianza para composición de ácidos grasos del germen de los materiales analizados mediante cromatografía gaseosa	139
Tabla 4.26	Perfil de aminoácidos esenciales en proteínas del endosperma de las líneas endogámicas CIG	150
Tabla 4.27	Nivel de aminoácidos esenciales en proteínas del endosperma de los híbridos HC	152
Tabla 4.28	Nivel de aminoácidos esenciales en los tres grupos de híbridos HC	154
Tabla 4.29	Comparación de los niveles de aminoácidos esenciales entre los distintos grupos de híbridos HC ($t_{Student}$)	154
Tabla 4.30	Resultados del fraccionamiento molecular del almidón de las líneas endogámicas CIG	167
Tabla 4.31	Resultados del fraccionamiento molecular del almidón de los híbridos HC	168
Tabla 4.32	Medias y desvíos estándar correspondientes a las dos fracciones moleculares del almidón de los materiales analizados	168
Tabla 4.33	Diferencias estadísticas ($t_{Student}$) halladas entre los grupos de híbridos simples para nivel de amilosa y de amilopectina	168
Tabla 4.34	Diferencias estadísticas ($t_{Student}$) halladas entre los grupos de líneas endogámicas para nivel de amilosa y de amilopectina	169
Tabla 5.35	Medias, desviaciones estándar, MDS_{Fisher} y partición de la suma de cuadrados de los caracteres morfológicos de líneas puras evaluadas en tres ambientes	177

ÍNDICE

Tabla 5.36	Medias ambientales correspondientes a los caracteres morfológicos de las líneas puras ensayadas en Llavallol-	180
------------	---	------------

Argentina (2002/03 a 2004/05)

Tabla 5.37	Medias grupales de los caracteres morfológicos de las líneas puras evaluadas en Llavallol-Argentina (2002/03 a 2004/05)	180
Tabla 5.38	Cuadrados medios y significancia de los caracteres morfológicos evaluados en líneas CIG (Llavallol, Argentina; 2002/03 a 2004/05)	184
Tabla 5.39	Valor del índice ambiental para diferentes caracteres morfológicos evaluados durante tres años en Llavallol (Prov. Bs. As., Argentina)	184
Tabla 5.40	Estimación de los componentes de la varianza de los caracteres morfoagronómicos evaluados en las líneas endogámicas CIG	184
Tabla 5.41	Valores de constancia para caracteres morfológicos de las líneas endogámicas CIG	185
Tabla 5.42	Medias, desvío estándar y MDS_{Fisher} para los caracteres morfológicos de los híbridos simples evaluados en nueve ambientes	189
Tabla 5.43	Medias grupales de los caracteres morfológicos de los híbridos HC evaluados en nueve ambientes	189
Tabla 5.44	Medias y $MDS_{Fisher 0,01}$ de los caracteres morfológicos de los híbridos simples evaluados en distintos ambientes	190
Tabla 5.45	Cuadrado medio y significancia de las características agronómicas de los híbridos HC evaluados	195
Tabla 5.46	Particionamiento de la suma de cuadrados de los rasgos agronómicos evaluados en híbridos HC	196
Tabla 5.47	Estimación de los componentes de la varianza de los caracteres morfológicos de híbridos HC	196

ÍNDICE

Tabla 5.48	Constancia estimada para los caracteres morfológicos de los híbridos HC evaluados en el período 2002/03 –	197
------------	---	-----

2004/05 en cuatro localidades

Tabla 6.49	Medias ambientales correspondientes a longitud de ciclo y tiempo térmico de las líneas puras CIG evaluadas en Llavallol	207
Tabla 6.50	Comparación mediante el coeficiente de variación (C.V.) y la desviación estándar en días (S_d) de los diferentes modelos de estimación de la longitud del ciclo a floración femenina de las líneas puras CIG	207
Tabla 6.51	Días a floración femenina y suma térmica hasta R_1 calculada mediante diferentes modelos (promedio de cinco años)	208
Tabla 6.52	Cuadrados medios y significancia correspondientes al ciclo en días y tiempo térmico hasta R_1 de las líneas puras CIG	210
Tabla 6.53	Partición de la suma de cuadrados (%SC) para la longitud del ciclo a R_1 de las líneas puras CIG	211
Tabla 6.54	Estimación de los componentes de la varianza para caracteres de ciclo en las líneas puras CIG	211
Tabla 6.55	Constancia de los caracteres de ciclo evaluados en las líneas puras CIG (2000/01 A 2004/05)	211
Tabla 6.56	Comparación de los modelos de estimación del ciclo a floración femenina utilizando el coeficiente de variación (C.V.) y la desviación estándar en días (S_d)	219
Tabla 6.57	Medias, desviación estándar y MDS_{Fisher} para ciclo en días calendario y tiempo térmico de los híbridos HC a través de doce ambientes	219
Tabla 6.58	Medias y $MDS_{Fisher 0,01}$ para ciclo en días calendario y tiempo térmico de los híbridos HC evaluados según agrupamiento ambiental	220

ÍNDICE

Tabla 6.59	Cuadrado medio y significancia para ciclo en días y tiempo térmico de los híbridos HC	224
------------	---	-----

Tabla 6.60	Partición de la suma de cuadrados (%) para ciclo en días y tiempo térmico hasta R_1 de los híbridos HC	224
Tabla 6.61	Estimación de los componentes de la varianza para el ciclo en días y tiempo térmico hasta floración femenina de los híbridos HC	225
Tabla 6.62	Índice ambiental (IA) calculado en base al número de días a R_1 de los híbridos HC (4 localidades; 2002/03 a 2004/05)	225
Tabla 6.63	Heredabilidad y repetibilidad (constancia) de los caracteres de ciclo evaluados en híbridos simples HC (2002/03 a 2004/05)	226
Tabla 6.64	Medidas paramétricas ($CV\%$, S^2_{xi}) y no paramétricas (Rango) univariadas para número de días a floración femenina	228
Tabla 6.65	Medidas paramétricas ($CV\%$, S^2_{xi}) y no paramétricas (Rango) univariadas para tiempo térmico a floración femenina	228
Tabla 6.66	Coefficiente de regresión (b_i) y desvíos desde la regresión (S^2_{di}) para días a R_1 de los híbridos HC ensayados en doce ambientes	233
Tabla 6.67	Coefficiente de regresión (b_i) y desvíos desde la regresión (S^2_{di}) para el tiempo térmico a R_1 de los híbridos HC ensayados en doce ambientes	233
Tabla 6.68	Valores de ecovalencia correspondientes a los caracteres de ciclo de los híbridos HC ensayados en cuatro localidades desde 2002/03 a 2004/05	235
Tabla 6.69	Correlaciones de rango de Spearman para estadígrafos de estabilidad calculados para número de días y tiempo térmico a floración femenina en doce ambientes	237

ÍNDICE

Tabla 6.70	Heterosis (%) correspondiente al número de días a R_1	245
------------	---	------------

de los híbridos simples HC en relación al progenitor más precoz del cruzamiento

Tabla 6.71	Heterosis (%) correspondiente al tiempo térmico a R_1 de los híbridos simples HC en relación al progenitor más precoz del cruzamiento	245
Tabla 7.72	Componentes de rendimiento evaluados en líneas endogámicas CIG cultivadas en Llavallol durante tres años consecutivos	254
Tabla 7.73	Medias grupales correspondientes a los componentes del rendimiento de las líneas endogámicas CIG	255
Tabla 7.74	Coeficientes de correlación fenotípica entre los componentes del rendimiento de las líneas CIG	255
Tabla 7.75	Determinación de las diferencias entre las medias ambientales del rendimiento y sus componentes en líneas CIG ($t_{Student}$)	255
Tabla 7.76	Rendimiento medio de las líneas endogámicas CIG ensayadas en un MET conducido en Llavallol-Argentina durante 2002/03 a 2004/05	256
Tabla 7.77	Cuadrados medios y su nivel de significancia correspondientes al rendimiento de las líneas CIG	258
Tabla 7.78	Partición de la suma de cuadrados (%SC) para el carácter rendimiento de las líneas CIG	258
Tabla 7.79	Estimación de los componentes de la varianza para rendimiento en las líneas CIG	258
Tabla 7.80	Componentes del rendimiento de los híbridos simples HC evaluados en Llavallol-Argentina	267
Tabla 7.81	Resultados del contraste de medias correspondientes a los componentes del rendimiento de los híbridos simples HC ($t_{Student}$)	268

ÍNDICE

Tabla 7.82	Diferencias entre las medias ambientales del	268
------------	--	-----

rendimiento y sus componentes correspondientes a híbridos simples HC ($t_{Student}$)

Tabla 7.83	Coeficientes de correlación fenotípica entre los componentes del rendimiento de los híbridos de uso especial HC	268
Tabla 7.84	Rendimiento potencial anual y promedio de tres años de los híbridos HC ensayados en Llavallol-Argentina	269
Tabla 7.85	Rendimiento potencial anual y promedio de tres años de los híbridos HC ensayados en Castelar-Argentina	269
Tabla 7.86	Rendimiento potencial anual y promedio de tres años de los híbridos HC ensayados en Pergamino-Argentina	270
Tabla 7.87	Rendimiento potencial anual y promedio de tres años de los híbridos HC ensayados en Esperanza-Argentina	270
Tabla 7.88	Diferencias observadas entre las medias ambientales del rendimiento mínimo potencial de grano (RMPG)	271
Tabla 7.89	Diferencias observadas entre las medias grupales de RPMG correspondientes a cada localidad de evaluación	271
Tabla 7.90	RPMG medio de cada híbrido HC, medida de la estabilidad biológica ($CV\%$) y rangos	271
Tabla 7.91	Cuadrado medio y partición de la suma de cuadrados correspondientes al rendimiento de los híbridos simples HC evaluados en doce ambientes	276
Tabla 7.92	Esperanzas de los cuadrados medios de los diferentes componentes de la varianza calculados para el rendimiento de los híbridos simples HC	276
Tabla 7.93	Índices ambientales (IA) correspondientes a los doce ambientes del MET	276
Tabla 7.94	Coeficiente de regresión (b_i), desvíos desde la regresión (S^2_{di}) y medida de la ecovalencia para el rendimiento de los híbridos HC ensayados en un MET	279

ÍNDICE

Tabla 7.95	Correlaciones de rango de Spearman entre estadísticos	281
------------	---	-----

de estabilidad del rendimiento calculados a través de doce ambientes

Tabla 7.96	Niveles de heterosis calculados a partir del progenitor de menor valor y acción génica predominante para el carácter rendimiento en doce cruzas simples evaluadas en un MET	291
Tabla 7.97	Niveles de heterosis calculados a partir del progenitor de mayor valor y acción génica predominante para el carácter rendimiento en doce cruzas simples evaluadas en un MET	291
Tabla 7.98	Niveles de LP-heterosis, HP-heterosis y acción génica predominante observada para el número de granos por hilera (Gr/H) de las cruzas simples HC ensayadas en Llavallol desde 2002/03 a 2004/05	292
Tabla 7.99	Niveles de LP-heterosis, HP-heterosis y acción génica predominante observada para el número de hileras de granos por espiga (HGE) de las cruzas simples HC evaluadas en Llavallol desde 2002/03 a 2004/05	292
Tabla 7.100	Niveles de LP-heterosis, HP-heterosis y acción génica predominante observada para el número de granos por espiga (NGE) de las cruzas simples HC evaluadas en Llavallol desde 2002/03 a 2004/05	292
Tabla 7.101	Niveles de LP-heterosis, HP-heterosis y acción génica predominante observada para el peso de 1000 granos (P_{1000}) de las cruzas simples HC evaluadas en Llavallol desde 2002/03 a 2004/05	292

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página	
Figura 1.1	Clasificación utilitaria de Sturtevant (1899) basada en las características de la reserva hidrocarbonada del endosperma	3
Figura 1.2	Espigas y granos cortados longitudinalmente de las variedades de maíz incluidos en la clasificación de Sturtevant	4
Figura 1.3	Nueva taxonomía del género Zea según Doebley e Iltis (1980)	7
Figura 1.4	Sistema radicular del maíz	8
Figura 1.5	Arquitectura de la planta del maíz	10
Figura 1.6	Detalle de las distintas partes de la hoja	11
Figura 1.7	Inflorescencias del maíz	12
Figura 1.8	Detalle de la inflorescencia masculina o panoja	13
Figura 1.9	Estructura de las espiguillas estaminadas	13
Figura 1.10	Fases de madurez y características de la estructura de la panoja	14
Figura 1.11	Partes de la inflorescencia femenina o espiga	15
Figura 1.12	Detalle de las espiguillas pistiladas	16
Figura 1.13	Disposición de las espiguillas pistiladas en la espiga	17
Figura 1.14	Ubicación de la espiga en la planta	19
Figura 1.15	Estructura de la inflorescencia femenina o espiga	20
Figura 1.16	Estructura del grano de maíz	21
Figura 1.17	Estructura del embrión	25
		<u>ÍNDICE</u>
Figura 1.18	Urna funeraria procedente de las altas tierras	29

mexicanas, ca. 600 - 900 a.C.

Figura 1.19	Deidad zapoteca correspondiente al 600 – 800 a.C.	30
Figura 1.20	Diferencias entre maíz y teosinte	33
Figura 1.21	Teorías concernientes a la evolución del maíz	35
Figura 1.22	Diversidad hallada en el maíz cultivado en América	37
Figura 1.23	Distribución de los teosintes	39
Figura 1.24	Mapa mundial simplificado de mega-ambientes del cultivo de maíz según una aproximación por GIS	42
Figura 1.25	Mega-ambientes del maíz en Sudamérica según la clasificación de 1991 y con puntos de distribución del maíz cultivado según Hyman <i>et al.</i> (1998)	42
Figura 1.26	Distribución de las nueve regiones maiceras argentinas (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la República Argentina, 2007)	48
Figura 1.27	Cultivo de cereales: total mundial. Evolución porcentual entre las décadas del 50 y del 90	49
Figura 1.28	Estadísticas mundiales de maíz. Producción, consumo, existencias finales y relación existencias/consumo	51
Figura 1.29	Maíz: evolución del precio FOB Golfo y de la relación stock/consumo a nivel mundial y en EE.UU.	52
Figura 1.30	Precios de exportación de maíz y sorgo (precios FOB, dólares/tonelada)	52
Figura 1.31	Importancia de las exportaciones argentinas de maíz	55
Figura 1.32	Participación del maíz en el volumen total de granos producidos en Argentina	56

ÍNDICE

Figura 1.33	A. Esquema de la molienda húmeda; B. Esquema	64
-------------	--	----

de la molienda seca

Figura 2.34	Esquema del método clásico de obtención de líneas endocriadas	84
Figura 4.35	Respuesta del rendimiento de aceite (concentración % sobre peso seco del grano) de los materiales genéticos ensayados en tres ambientes	132
Figura 4.36	Respuesta del rendimiento de proteína (concentración % sobre peso seco del grano) de los materiales genéticos ensayados en tres ambientes	133
Figura 4.37	Respuesta del rendimiento de carbohidratos (concentración % sobre peso seco del grano) de los materiales genéticos ensayados en tres ambientes	134
Figura 4.38	Mesa de luz y líneas endogámicas con granos de alta calidad proteica (CP) y textura variada	146
Figura 4.39	Corte transversal de espigas y granos de líneas CIG con diferente textura del endosperma por efecto de los genes <i>wx</i> , <i>o2</i> y sus modificadores	147
Figura 4.40	Corte longitudinal de espigas y granos de las líneas CIG con diferente textura del endosperma	148
Figura 4.41	Imágenes correspondientes a espigas de híbridos simples de alta calidad proteica con endosperma harinoso o vítreo (modificado)	153
Figura 4.42	Estructura elemental del almidón: Moléculas de α -D-Glucosa (a) y su derivado α -D-Glucopiranosido (b)	158
Figura 4.43	Estructura de las moléculas de amilosa (a) y de amilopectina (b)	159
Figura 4.44	Espigas y granos de materiales cerosos (<i>waxy</i>) y normales o vítreos	169

ÍNDICE

Figura 4.45	Espigas de líneas endogámicas e híbridos simples	170
-------------	--	-----

cerosos

Figura 4.46	Espectros de absorción de amilopectina de líneas endogámicas CIG e híbridos simples HC	171
Figura 4.47	Espectros de absorción de amilosa de líneas endogámicas CIG e híbridos simples HC	172
Figura 5.48	Valor medio y desviación estándar para el carácter altura de planta (AP) de las líneas CIG	181
Figura 5.49	Valor medio y desviación estándar para el carácter altura de inserción de la espiga superior (AIE) de las líneas CIG	181
Figura 5.50	Valor medio y desviación estándar para el carácter número de hojas (NH) de las líneas CIG	182
Figura 5.51	Valor medio y desviación estándar para el carácter número de hojas encima de la espiga superior(NHEE) de las líneas CIG	182
Figura 5.52	Valor medio y desviación estándar para el carácter número de espigas por planta (EP) de las líneas CIG	183
Figura 5.53	Valor medio del carácter altura de planta (AP)	191
Figura 5.54	Valor medio del carácter altura de inserción de la espiga (AIE) de los híbridos HC	191
Figura 5.55	Valor medio del carácter diámetro del tallo (DT) de los híbridos HC	192
Figura 5.56	Valor medio del carácter número de hojas (NH) de los híbridos HC	192
Figura 5.57	Valor medio del carácter número de hojas encima de la espiga superior (NHEE) de los híbridos HC	193
Figura 5.58	Valor medio del carácter número de espigas por planta (EP) de los híbridos HC	193

ÍNDICE

Figura 5.59	AP media (cm.) versus CV% correspondiente a los	198
-------------	---	-----

	híbridos simples HC evaluados en nueve ambientes	
Figura 5.60	AIE media (cm.) versus CV% correspondiente a los híbridos simples HC evaluados en nueve ambientes	198
Figura 5.61	DT medio (cm.) versus CV% correspondiente a los híbridos simples HC evaluados en nueve ambientes	199
Figura 5.62	NH medio (cm.) versus CV% correspondiente a los híbridos simples HC evaluados en nueve ambientes	199
Figura 5.63	NHEE medio (cm.) versus CV% correspondiente a los híbridos HC evaluados en nueve ambientes	200
Figura 5.64	EP medio (cm.) versus CV% correspondiente a los híbridos simples HC evaluados en nueve ambientes	200
Figura 6.65	Número de días a floración femenina (R_1) registrados en las líneas CIG ensayadas durante cinco años en Llavallol - Argentina	209
Figura 6.66	Ciclo en días versus CV% de las líneas CIG evaluadas desde 2000/01 a 2004/05	212
Figura 6.67	Tiempo térmico expresado en CHU versus CV% de las líneas CIG evaluadas desde 2000/01 a 2004/05	213
Figura 6.68	Tiempo térmico expresado en GDD versus CV% de las líneas CIG evaluadas desde 2000/01 a 2004/05	213
Figura 6.69	Ciclo en días a R_1 versus las coordenadas de genotipos y ambientes del IPCA1 correspondientes a un ensayo multiambiental de líneas puras de maíz	215
Figura 6.70	Tiempo térmico (CHU) a R_1 versus las coordenadas de genotipos y ambientes del IPCA1 correspondientes a un ensayo multiambiental de líneas puras de maíz	216
Figura 6.71	Tiempo térmico (CHU) de los híbridos HC a través de los doce ambientes de evaluación	226

ÍNDICE

Figura 6.72	Número de días a R_1 versus CV% correspondiente	229
-------------	---	------------

a híbridos HC evaluados en cuatro localidades desde 2002/03 a 2004/05

Figura 6.73	Tiempo térmico (CHU) a R_1 versus CV% de los híbridos HC evaluados en cuatro localidades desde 2002/03 a 2004/05	230
Figura 6.74	Coefficiente de regresión (b_i) versus número de días (a) y tiempo térmico expresado en CHU (b)	234
Figura 6.75	Número de días y tiempo térmico (CHU) versus las coordenadas de genotipos y ambientes del IPCA1-Modelo AMMI1	242
Figura 6.76	Gráfico bidimensional asociado al modelo SREG-GGE para Número de días y Tiempo térmico (CHU)	243
Figura 7.77	Rendimiento medio (Kg/ha) versus CV% de las líneas puras evaluadas durante 3 años en Llavallol–Argentina	259
Figura 7.78	Rendimiento medio (Kg/ha) versus las coordenadas de genotipos y ambientes del IPCA1 – Modelo AMMI1	261
Figura 7.79	Rendimiento medio (RPMG) en Kg/ha versus CV% de los híbridos HC ensayados en doce ambientes	272
Figura 7.80	Respuesta específica de los híbridos simples HC a los diferentes ambientes de evaluación	272
Figura 7.81	Espigas de los híbridos simples HC y el testigo ACA 2000 ensayados en doce ambientes	273
Figura 7.82	Coefficiente de regresión (b_i) versus rendimiento medio de los híbridos simples HC a través de doce ambientes de evaluación	279
Figura 7.83	Gráfico bidimensional asociado al modelo AMMI2 para el carácter rendimiento de los híbridos HC evaluados a través de un MET	285
Figura 7.84	Rendimiento medio versus las coordenadas de genotipos y ambientes del IPCA1 – Modelo AMMI1	285

ÍNDICE

Figura 7.85	Rendimiento genotípico por ambiente de los híbridos	286
-------------	---	-----

HC versus las coordenadas ambientales sobre el eje
IPCA1 - Modelo AMMI1

- Figura 7.86 Gráfico bidimensional asociado al modelo SREG-GEE para rendimiento de los híbridos simples HC **287**
- Figura 7.87 Dendrograma resultante del análisis de agrupamiento para los híbridos HC aplicando el algoritmo UPGMA sobre la matriz de distancias Euclídeas **295**