

1. Introducción	1
1.1. Taxonomía	1
1.2. Importancia económica del cultivo y distribución geográfica	4
1.2.1. Origen y dispersión	4
1.2.2. Producción y mercado mundial	4
1.2.3. Impacto de la investigación en la productividad del arroz	9
1.2.4. Producción y mercado en España	11
1.3. Descripción del cultivo	15
1.3.1. Morfología de la planta de arroz	15
1.3.2. Ciclo vegetativo	18
1.3.3. Condiciones y técnicas de cultivo	20
1.3.4. Enemigos del cultivo de arroz	23
1.4. El arroz como planta modelo para estudios genéticos	28
1.5. Mejora de caracteres cuantitativos en arroz	30
1.5.1. Primera aproximación a la genética cuantitativa	33
1.5.2. Evaluación fenotípica y selección	35
1.5.2.1. <i>Definiciones y componentes</i>	35
1.5.2.2. <i>Análisis de varianza (ANOVA)</i>	36
1.5.2.3. <i>Heredabilidad y respuesta a la selección</i>	37
1.5.2.4. <i>Correlación entre caracteres</i>	38
1.5.3. Análisis de QTLs	39
1.5.3.1. <i>Definición y usos de los QTLs</i>	39
1.5.3.2. <i>Detección de QTLs</i>	41
1.5.4. Uso de marcadores moleculares en mejora	49
1.5.4.1. <i>Concepto y características de un marcador</i>	50
1.5.4.2. <i>Tipos de marcadores</i>	50
1.6. Caracteres y objetivos de mejora estudiados en esta tesis	57
1.6.1. El encamado	57
1.6.2. Genética de la resistencia al encamado	59
1.6.2.1. <i>Métodos de evaluación e índices de encamado</i>	59
1.6.2.2. <i>La altura de la planta</i>	61
1.6.2.3. <i>Características del tallo</i>	63
1.6.2.4. <i>Número de hijuelos y panículas</i>	66
1.6.2.5. <i>Peso del grano</i>	66
1.6.2.6. <i>Maduración</i>	67
1.6.2.7. <i>Porte</i>	68
1.6.3. La calidad en arroz	70
1.6.3.1. <i>Tamaño y forma del grano de arroz</i>	71
1.6.3.2. <i>Perlado del grano de arroz</i>	72
2. Objetivos	75

3. Materiales y métodos	77
3.1. Material vegetal	77
3.2. Evaluación fenotípica	82
3.3. Análisis cuantitativo	84
3.3.1. Distribuciones y medias	84
3.3.2. Heredabilidad	84
3.3.3. Comparación entre poblaciones y ambientes	86
3.3.4. Correlaciones entre caracteres	87
3.3.5. Respuesta a la selección	87
3.4. Análisis molecular	88
3.4.1. Extracción de ADN	88
3.4.2. Identificación de polimorfismos y genotipado de la población F2MS	89
3.4.3. Análisis de ligamiento de los marcadores	90
3.4.4. Detección de QTLs	91
4. Resultados	93
4.1. Construcción del mapa de ligamiento de la población F2MS	93
4.2. Análisis cuantitativo de las dos poblaciones	113
4.2.1. Distribución de los caracteres	113
4.2.2. Valoración de los parentales	115
4.2.3. Medias y heredabilidades en las poblaciones	116
4.2.4. Análisis de la varianza	121
4.2.5. Correlación entre caracteres	129
4.2.6. Respuesta a la selección	146
4.3. Detección de QTLs en la población MS	146
5. Discusión	195
5.1. Análisis molecular de las poblaciones	195
5.2. Implicación de la estructura poblacional en el análisis cuantitativo y de QTLs	201
5.3. Caracteres relacionados con la elongación	206
5.4. Caracteres relacionados con la producción	213
5.5. Diámetro, porte y resistencia al doblado	219
5.6. Maduración	225
5.7. Dimensiones del grano	229
5.8. Perlado del grano	233

6. Conclusiones	241
7. Bibliografía	247
7.1. Referencias bibliográficas	247
7.2. Directorio web.	284
ANEXO I	285

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de grano de la clasificación comercial de variedades en la Unión Europea.7

Figura 2 . Producción mundial de arroz y las intervenciones tecnológicas clave entre 1960 y 2007.....9

Figura 3 . Reservas de arroz de 1990 a 2007.....11

Figura 4. Partes de la hoja de arroz.....15

Figura 5. Esquema de la flor o espícula y de la inflorescencia del arroz (la panícula).....17

Figura 6. Esquema de una sección longitudinal del grano de arroz.....17

Figura 7. Ciclo de cultivo del arrozal valenciano.....21

Figura 8. Aspecto del encamado en parcelas de arroz.....58

Figura 9. Diferencias en la anchura de la corona según la altura para un mismo ángulo de inclinación.....69

Figura 10. Esquema del origen y generación del material vegetal utilizado en este trabajo.....78

Figura 11. Esquema del diseño experimental en cada una de las poblaciones....79

Figura 12. Balsetas y parcelas de campo en las que se cultivaron las plantas F2.....80

Figura 13 . Fases del cultivo de las líneas F3 y F4.....81

Figura 14. Medida de la resistencia al doblado.....83

Figura 15. Esquema de la segregación del marcador RM422 en la población F2MS.....95

Figura 16. Marcadores SSRs cribados en la población F2MS que presentan alelos y segregaciones no esperadas.....96

Figura 17. Mapa genético de las tres plantas híbridas que dieron lugar a F2MS.....100

Figura 18. Mapas de ligamiento de las subfamilias de F2MS.....106

Figura 19. Aspecto del porte de las líneas F3.....114

Figura 20. QTLs de los caracteres de longitud en la población MS.....157

Figura 21. QTLs de los caracteres de producción en la población MS.....168

Figura 22. QTLs de diámetro del tallo, porte de la planta y resistencia al doblado en la población MS.....177

Figura 23. QTLs de maduración en la población MS.....182

Figura 24. QTLs de dimensiones del grano y perlado en la población MS.....190

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Superficie cultivada de arroz, rendimiento y producción de arroz cáscara en 2007.....6

Tabla 2. Criterios para la clasificación comercial del arroz elaborado en la Unión Europea.....6

Tabla 3. Estructura varietal de las zonas arroceras en España. Campaña 06/07..14

Tabla 4. Principales malas hierbas del arroz.....24

Tabla 5. Códigos utilizados en la designación de los alelos en el genotipado.....94

Tabla 6. Genotipos, segregación y resultados de la prueba Chi-cuadrado de los marcadores analizados en la población F2MS dividida en subfamilias.....97

Tabla 7. Abreviaturas de los caracteres analizados.....115

Tabla 8. Media y desviación típica de los caracteres estudiados en las líneas parentales de las familias J y MS, y sus respectivos progenitores.....116

Tabla 9. Medias, desviaciones típicas, heredabilidades en sentido amplio (H^2 , en F2 y F3) y en sentido estricto (h^2 , en F3) de todos los caracteres medidos.....117

Tabla 10. Prueba de MDS con un 95% de confianza entre los testigos.....122

Tabla 11. Cuadrados medios del Análisis de Varianza de las familias J y MS y de las subfamilias del cruce MS, en F2.....124

Tabla 12. Cuadrados medios del Análisis de Varianza de los ambientes estudiados, en F2125

Tabla 13. Prueba de MDS con un 95% de confianza entre las subfamilias F2 (A, B y C).....126

Tabla 14. Cuadrados medios del Análisis de Varianza de las familias J y MS y de las subfamilias del cruce MS, en F3.....	128
Tabla 15. Prueba de MDS con un 95% de confianza entre las subfamilias F3 (A, B y C).....	128
Tabla 16. Correlaciones fenotípicas entre los caracteres estudiados en F2.....	133
Tabla 17. Correlaciones fenotípicas entre los caracteres estudiados en F3.....	143
Tabla 18. Respuesta a la selección en los caracteres relacionados con el encamado.....	146
Tabla 19. QTLs de los caracteres de longitud en la población MS.....	151
Tabla 20. QTLs de los caracteres de producción en la población MS.....	163
Tabla 21. QTLs de diámetro del tallo, porte de la planta y resistencia al doblado en la población MS.....	174
Tabla 22. QTLs de maduración en la población MS.....	181
Tabla 23. QTLs de dimensiones del grano y perlado en la población MS.....	186
Tabla 24. Marcadores con segregación distorsionada en este estudio que coinciden con los hallados en estudios anteriores y con genes de esterilidad....	200
Tabla 25. Comparación de los QTLs identificados con los publicados hasta el momento en el género <i>Oryza</i>	238

LISTA DE ABREVIATURAS

- ADN:** Ácido desoxiribonucleico.
- ADNc:** ADN complementario (o copia).
- ANOVA:** Análisis de varianza.
- AP-PCR:** PCR con oligonucleótidos arbitrarios.
- BOE:** Boletín oficial del Estado.
- BYDV:** Virus del enanismo amarillo de la cebada.
- CAPA:** Consellería de agricultura, pesca y alimentación.
- CEE:** Comunidad económica Europea.
- CIM:** Mapeo por intervalos compuesto.
- DH:** Dobles haploides.

DOGV: Diari oficial de la Generalitat Valenciana.

F1: Primera generación procedente de un cruzamiento.

F2, F3 (Fn, en general): Generación procedente de la autofecundación de la generación (n-1).

FAOSTAT: Información estadística de la Organización para la alimentación y agricultura (FAO) de las Naciones Unidas.

ICIS: Sistema de información internacional del cultivo.

IRRI: Instituto internacional de investigación del arroz, Filipinas.

IVIA: Instituto valenciano de investigaciones agrarias.

LOD: Probabilidad relativa (es el logaritmo de LR).

LR: Relación de probabilidad.

MAPA: Ministerio de agricultura, pesca y alimentación (actual MARM: Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino).

MAS: Selección asistida por marcadores.

MDS: Mínima diferencia significativa.

MIM: Mapeo por intervalos múltiple.

NARS: Sistema nacional de investigación agraria.

NCBI: Centro nacional para información biotecnológica.

NIL: Línea cuasi isogénica.

PCR: Reacción en cadena de la polimerasa.

QTL: Locus que influye en un carácter cuantitativo.

REDB: Base de datos de EST de arroz.

RGP: Programa de investigación del genoma del arroz.

RIL: Línea recombinante.

RM: Microsatélite de arroz.

SAS (1): Síndrome de evitación del sombreado.

SAS (2): Software para análisis estadístico. SAS Institute Inc. Cary, NC EEUU.

SD: Desviación típica.

SIM: Mapeo por intervalos simple.

SSR: Repetición de una secuencia simple (o ADN microsatélite).