

Producción integrada del arroz en el sur de España

Manuel Aguilar Portero

PRODUCCIÓN INTEGRADA DEL ARROZ EN EL SUR DE ESPAÑA

Manuel Aguilar Portero

Sevilla, 2010



Aguilar Portero, Manuel

Producción integrada del arroz en el sur de España / Manuel Aguilar Portero. – [Sevilla]. : Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación, Fundación Caja Rural del Sur, [2010]

320 p. : il. col., fot. 30 cm (Agricultura. Estudios e informes técnicos).

D.L.: SE 1096-2011

ISBN 978-84-8474-290-6 (Junta de Andalucía)

ISBN 978-84-613-9505-7 (Fundación Caja Rural del Sur)

Índice: Generalidades; Clima y suelo; Labores preparatorias y abonados; Variedades y siembra; Riego; Malas hierbas; Plagas; Enfermedades; Cosecha y almacenamiento; Economía.

Agricultura. – Arroz. – Producción vegetal integrada. – España—Sur
Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca
Fundación Caja Rural del Sur

631.151.6:633.18

Autor: Manuel Aguilar Portero.

Fotografías: Manuel Aguilar Portero

José Manuel García Cano

P. Del Estal Padillo

J.A. Barreña Calluela

Bayer C.S

Maquetación: M.D.B.A

Edita: Junta de Andalucía.

Consejería de Agricultura y Pesca.

Publica: Servicio de Publicaciones y Divulgación.

Producción editorial: Ideas, Exclusivas y Publicidad, S.L.

Serie: Agricultura. Estudios e informes técnicos.

ISBN: 978-84-8474-290-6 (Junta de Andalucía)

978-84-613-9505-7 (Fundación Caja Rural del Sur)

D.L.: SE 1096-2011

Aunque la producción de arroz en la Unión Europea tiene un peso poco significativo a nivel mundial, las zonas arroceras europeas, muy localizadas, principalmente en Italia y España, tienen una gran importancia socioeconómica y ambiental, obteniendo producciones de reconocida calidad y muy apreciadas por su contribución a la biodiversidad.

Andalucía, con cerca de un tercio de toda la producción de arroz española, es la primera región productora, aunque la superficie dedicada a este cultivo varía notablemente dependiendo de la disponibilidad de agua para su riego.

La zona arroceras de Andalucía se concentra en las marismas del Guadalquivir, en la provincia de Sevilla, constituyendo una importante fuente de empleo y riqueza, perfectamente integrada en el entorno natural del Parque Nacional de Doñana.

Además, en Sevilla tiene su sede la empresa líder mundial en el comercio de arroz, lo que la sitúa como un actor destacado en el mercado global de este cereal, que forma parte de la base nutricional de millones de personas.

Ante el reto de alimentar a una creciente población mundial y a la vez preservar la biodiversidad, se hace necesario un manejo adecuado de los cultivos, aprovechando de forma eficiente los recursos y reduciendo el uso de sustancias perjudiciales para el medio ambiente.

Precisamente a ello pretende contribuir esta obra, en el marco concreto de la producción de arroz en el sur de España, cuya primera edición aparecida hace ya casi diez años ha sido totalmente renovada y ampliada con los últimos avances en producción integrada.

En los últimos años la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía ha realizado un notable esfuerzo junto al sector arroceras para mejorar la sostenibilidad de este cultivo, logrando una implantación casi total de la producción integrada, que alcanza ya el 93% de toda la superficie de arroz andaluza.

En este sentido, podemos afirmar que la producción andaluza de arroz, especializada en variedades de grano largo muy apreciadas en los mercados europeos, no sólo cuenta con una mayor calidad, sino que también debemos poner en valor su sostenibilidad y su origen ligado al emblemático espacio natural del Parque Nacional de Doñana.

Para terminar quiero agradecer desde estas líneas al autor, Manuel Aguilar Portero, la intensa dedicación investigadora y de divulgación que lleva a cabo en el Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), gran parte de la cual está plasmada en este libro. Asimismo, quiero dar las gracias a la Fundación Caja Rural del Sur por haber colaborado en la edición de esta obra que resultará de gran interés no sólo para académicos, técnicos y profesionales agrónomos, sino también para todos los arroceras, que con su esfuerzo mantienen este auténtico motor para la economía de las marismas del Guadalquivir. Para todos ellos, mi más sincero reconocimiento.

Clara E. Aguilera García
Consejera de Agricultura y Pesca

La Caja Rural del Sur y su Fundación vienen prestando una especial atención al sector del arroz, cuyo cultivo tiene una importancia tan relevante en Las Marismas del Guadalquivir, hasta el punto de haber convertido a esta comarca en la productora más importante de nuestro país.

Pero además de su importancia cuantitativa, el sector arrocero es admirable en muchos aspectos. Por una parte, el sistema de producción integrada, implantado de forma pionera hace catorce años y gestionado con una profesionalidad encomiable, asegura una calidad óptima de la producción, requisito básico e imprescindible para estar presente en un mercado de gran competitividad.

Los mercados requieren así mismo una oferta bien estructurada, que permita al sector de la producción, asociado en buena parte en cooperativas, participar en mayor medida en el valor añadido generado en el proceso de comercialización. También en este aspecto, el sector ha dado pasos trascendentes hacia la concentración de la oferta.

Los arroceros no olvidan tampoco la necesidad de mejorar constantemente los métodos productivos, abordando los proyectos de I+D que permiten incorporar al cultivo los últimos avances tecnológicos. En esta línea se encuentra el proyecto titulado "Optimización de recursos nutricionales en la Producción Integrada del arroz en Sevilla", realizado por la ejemplar organización que es la Federación de Arroceros de Sevilla y la Fundación Caja Rural del Sur, junto con el grupo de Investigación BIO 169 y la empresa AGQ, con el apoyo de la Corporación Tecnológica de Andalucía.

Por último, es indudable que la adecuada difusión del acervo de conocimientos es fundamental en todos los campos para continuar progresando. Esta es la tarea que el doctor Manuel Aguilar Portero se ha impuesto en lo que se refiere al cultivo del arroz. En 2001 su tratado "Cultivo del arroz en el Sur de España" constituyó una guía fundamental para los productores. Agotada la edición desde hace tiempo, esta "Producción Integrada de arroz en el Sur de España" es a la vez continuación de aquel tratado y una publicación totalmente renovada que pone al servicio de agricultores y técnicos los profundos conocimientos adquiridos a lo largo de una dilatada vida profesional, en la que el arroz ha sido constante objeto de sus estudios y experiencias.

Es para mí también una satisfacción que, una vez más se ponga de manifiesto la colaboración de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía y la Fundación Caja Rural del Sur con este libro que está destinado a ser de consulta obligada para todos los agricultores arroceros.

José Luis García Palacios
Presidente de Caja Rural del Sur

A Susana

Índice

Presentación	
Prólogo y agradecimientos	17
Generalidades	19
La planta	25
1.- Clasificación botánica	27
2.- Morfología	28
2.1.- <i>Raíces</i>	29
2.2.- <i>Tallos</i>	29
2.3.- <i>Hojas</i>	30
2.4.- <i>Panícula</i>	31
2.5.- <i>Espiguilla</i>	31
2.6.- <i>Grano</i>	32
3.- Estados fenológicos	33
3.1.- <i>Fase vegetativa</i>	35
3.2.- <i>Fase reproductiva</i>	37
3.3.- <i>Fase de maduración</i>	39
4.- Componentes del rendimiento	40
Clima y suelo	43
1.- La luz	45
2.- La temperatura	46
3.- El clima de las Marismas del Guadalquivir	48
4.- Cambios en el suelo inundado	49
5.- Toxicidad por gases y ácidos orgánicos. Toxicidad por sulfhídrico	51
6.- Transformaciones del Nitrógeno	52
7.- Transformaciones del Fósforo	56
8.- Transformaciones del Potasio y otros nutrientes	57
9.- Análisis de suelo	58
10.- El suelo de las Marismas del Guadalquivir	59
11.- La zona arrocerá gaditana	62
Labores preparatorias y abonado	63
1.- Labores preparatorias	65
2.- Aspectos generales de la fertilización	69
3.- Abonado nitrogenado	71
4.- Abonado fosfórico	78

5.- Abonado potásico y de otros nutrientes	82
6.- Fertilizantes orgánicos	84
Variedades y siembra	87
1.- Variedades	89
1.1.- <i>Características</i>	89
1.2.- <i>Adaptabilidad y degeneración</i>	92
1.3.- <i>Mejora genética</i>	93
2.- Variedades híbridas de arroz	97
3.- Comportamiento agronómico de las variedades tradicionales y de las híbridas ..	99
4.- Siembra	104
4.1.- <i>La semilla</i>	104
4.2.- <i>La semilla certificada</i>	105
4.3.- <i>Realización de la siembra</i>	107
4.4.- <i>Densidad de plantas</i>	110
Riego	113
1.-Funciones del agua	115
2.- El sistema de riego	116
3.- Uso y consumo de agua	119
4.- El manejo del agua	121
5.- Calidad del agua	123
Malas hierbas	129
1.- Características	131
2.- Clasificación	133
3.- Identificación y seguimiento	134
3.1.- <i>Echinochloa (colas)</i>	134
3.2.- <i>Leptochloa fascicularis (cola fina o americana)</i>	141
3.3.- <i>Oryza sativa var. (arroz rojo)</i>	141
3.4.- <i>Paspalum distichum (grama de agua)</i>	143
3.5.- <i>Scirpus maritimus (castañuela)</i>	144
3.6.- <i>Cyperus difformis (junquillo)</i>	145
3.7.- <i>Alisma plantago-aquatica (coleta)</i>	146
3.8.- <i>Ammania sp. (arbolito)</i>	147
3.9.- <i>Bergia capensis (alfabegueta)</i>	148
3.10.- <i>Typha angustifolia (enea)</i>	148
3.11.- <i>Lemna sp. (lenteja de agua)</i>	149
3.12.- <i>Phragmites australis (carrizo)</i>	150
3.13.- <i>Malas hierbas secundarias</i>	151
4.- Control	154
4.1.- <i>Métodos preventivos</i>	154
4.2.- <i>Métodos culturales</i>	155
4.3.- <i>Métodos químicos</i>	157

5.- Tratamientos herbicidas	161
5.1.- <i>Tratamiento contra echinocloa</i>	162
5.2.- <i>Tratamiento contra ciperáceas y hoja ancha</i>	166
6.- Algas	171
6.1.- <i>Características</i>	171
6.2.- <i>Clasificación y descripción</i>	171
6.3.- <i>Control</i>	174
Plagas	177
1.- Manejo de plagas	180
1.1.- <i>Identificación de la plaga</i>	180
1.2.- <i>Seguimiento de la plaga</i>	180
1.3.- <i>Control de la plaga</i>	181
2.- Gusanos rojos y blancos (Quironómidos)	183
2.1.- <i>Descripción y biología</i>	183
2.2.- <i>Daños</i>	185
2.3.- <i>Seguimiento y control</i>	185
3.- Tijeretas (Efídridos)	188
3.1.- <i>Descripción y biología</i>	188
3.2.- <i>Daños</i>	189
3.3.- <i>Seguimiento y control</i>	190
4.- Rosquillas (Mythimna unipuncta)	190
4.1.- <i>Descripción y biología</i>	190
4.2.- <i>Daños</i>	192
4.3.- <i>Seguimiento y control</i>	193
5.- Pudenta (Eusarcoris inconspicuus)	195
5.1.- <i>Descripción y biología</i>	195
5.2.- <i>Daños</i>	198
5.3.- <i>Seguimiento y control</i>	198
6.- Pulgones	201
6.1.- <i>Descripción y biología</i>	201
6.2.- <i>Daños</i>	202
6.3.- <i>Seguimiento y control</i>	203
7.- Cangrejo rojo	208
7.1.- <i>Descripción y biología</i>	208
7.2.- <i>Daños</i>	209
7.3.- <i>Seguimiento y control</i>	210
8.- Aves y roedores	210
9.- Punta blanca (nematodos)	212
Enfermedades	215
1.- Enfermedades de la semilla y de la plántula	217
2.- <i>Pyricularia oryzae</i> (Piriculariosis)	220
2.1.- <i>Síntomas y daños</i>	220

2.2.- Resistencia a la enfermedad. Razas de piricularia	224
2.3.- Ciclo de la enfermedad y de la infección	227
2.4.- Control agronómico y químico	230
3.- <i>Sclerotium oryzae</i> (podredumbre de la base del tallo)	234
4.- <i>Heminthosporium oryzae</i> (helminthosporiosis)	235
5.- Otras enfermedades	237
5.1.- <i>Fusarium sp.</i> (fusariosis)	237
5.2.- <i>Rhizoctonia oryzae-sativae</i>	238
5.3.- “Enrojat”	238
5.4.- <i>Straighthead</i> (<i>panícula erguida</i>)	239
Cosecha y almacenamiento	241
1.- Maduración y humedad del grano	243
1.1.- Humedad de equilibrio y humedad crítica	244
1.2.- Fecha de cosecha	245
2.- La recolección	245
3.- Manejo de la paja	247
4.- Secado y almacenamiento	249
4.1.- Operaciones previas al almacenamiento	249
4.2.- Secado y enfriado del grano	250
4.3.- Operaciones durante el almacenamiento	251
4.4.- Tratamiento del arroz almacenado	252
4.5.- Recomendaciones especiales para el almacenamiento del arroz ecológico	252
5.- Plagas de almacén	253
5.1.- <i>Sitophilus oryzae</i>	254
5.2.- <i>Rhyzoperta dominica</i>	255
5.3.- <i>Cryptolestes ferrugineus</i> y <i>Cryptolestes pusillus</i>	256
5.4.- <i>Tribolium castaneum</i>	257
5.5.- <i>Sitotroga cerealella</i>	258
5.6.- <i>Liposcelis bostrychophila</i> , <i>Liposcelis decolor</i> y <i>Lipocelis entomophila</i> (ordén Psoptera, familia liposcelidae), <i>Lepinotus reticularus</i> (ordén Psocoptera, familia Trogiidae)	258
5.7.- Enemigos naturales de las plagas de almacén	259
Procesamiento industrial y Calidad	261
1.- Proceso de elaboración	263
2.- Rendimientos industriales	264
3.- Concepto de calidad	265
4.- Atributos de la calidad	266
4.1.- Calidad de molienda	266
4.2.- Calidad sensorial del grano elaborado	268
4.3.- Calidad de cocción	270
4.4.- Calidad culinaria	272
4.5.- Calidad de composición del lote	275
4.6.- Calidad nutricional y sanitaria	277

5.- Calidad de variedades cultivadas en España	278
6.- Arroces especiales	280
6.1.- <i>Arroz glutinoso o ceroso (waxy)</i>	280
6.2.- <i>Arroces aromáticos</i>	280
6.3.- <i>Arroz integral (cargo)</i>	281
6.4.- <i>Arroz vaporizado (parboiled)</i>	281
6.5.- <i>Arroz precocido (de cocción rápida o quick)</i>	281
6.6.- <i>Arroz obtenido mediante producción integrada y ecológica</i>	281
6.7.- <i>Variedades especiales</i>	281
Economía	283
1.- Análisis interno del sector arrocero andaluz	286
2.- Análisis externo del sector	287
2.1.- <i>Política agraria común</i>	287
2.2.- <i>Legislación sobre la Producción Integrada en agricultura. Reglamento específico</i> ..	288
2.3.- <i>El Reglamento Específico de la Producción Integrada de Arroz</i>	288
3.- Análisis estratégico del sector arrocero andaluz	288
4.- Metodología	290
4.1.- <i>Costes variables de los factores de producción</i>	290
4.2.- <i>Los costes fijos</i>	291
4.3.- <i>Ingresos, margen bruto y margen neto</i>	291
5.- Resultado del análisis económico	291
5.1.- <i>Costes variables</i>	291
5.2.- <i>Los costes fijos y los costes totales</i>	296
5.3.- <i>Los ingresos y los márgenes económicos</i>	298
6.- Las economías externas al cultivo del arroz	300
Anexo 1: Datos contables de una explotación arrocera de tamaño medio en las Marismas del Guadalquivir, bajo producción integrada, en la campaña 2008	303
Anexo 2: Hoja de cultivo del arroz y Costes Variables (€ por ha) según factores de producción. 2008	308
Anexo 3: <i>Economías externas (dependientes) del cultivo de arroz en Producción Integrada. Campaña 2008</i>	310
Bibliografía	311

Prólogo y agradecimientos

Las técnicas agrícolas, incluso sus explicaciones o justificaciones científicas, son de naturaleza variable. La agricultura es cambiante, frecuentemente por razones de índole política, social o comercial, progresando al ritmo continuo de la investigación.

Hace cerca de una década salió a la luz mi libro “Cultivo del Arroz en el Sur de España”. Durante estos años se ha consolidado en Andalucía, y en gran parte de nuestro país, el cultivo del arroz bajo producción integrada, concebida como un conjunto de buenas prácticas culturales, respetuosas con el medio ambiente y el entorno social. Por ello esta nueva obra lleva por título “Producción Integrada de Arroz en el Sur de España”.

Hemos ampliado y actualizado cada uno de los capítulos de la obra anterior, e incluso añadido uno nuevo sobre economía. Se han incluido, naturalmente, los resultados I+D obtenidos por nuestro Grupo de Investigación o en colaboración con otros investigadores. En este sentido, destacaremos como novedades el comportamiento agronómico de las variedades de arroz (japónicas y tipo índica) actualmente cultivadas en nuestra región, así como de las nuevas variedades híbridas, nuestras propias obtenciones de variedades que destacan por su longitud de grano, así como las obtenidas a partir de granos de polen (mediante cultivo de anteras), los resultados de ensayos recientes sobre la respuesta del cultivo al abonado fosfórico, la identificación de las razas de *Pyricularia oryzae* en Andalucía, diversos estudios y resultados sobre la fisiología y el control de dicha enfermedad, la identificación y cuantificación de los diversos hongos patógenos en semilla y grano de arroz, así como amplios estudios sobre las plagas de almacén, la calidad del grano, los costes de cultivo, etc. Lógicamente ha sido necesario actualizar y comentar los nuevos productos fitosanitarios permitidos, e incluir nuevas fotografías y gráficos.

Al igual que el anterior, este libro pretende ser sencillo. Describe las prácticas de cultivo llevadas a cabo en los arrozales andaluces desde las labores preparatorias de la siembra hasta el procesamiento industrial y calidad del grano cosechado, procurando explicar sus fundamentos agronómicos. Confío en que la base teórica pueda mejorar la comprensión e interpretación de los complicados fenómenos físico-químicos y biológicos que imperan en el arrozal, y ayude al agricultor en su toma de decisiones.

No se trata de una sucesión de artículos científicos, con esa rebuscada terminología a la que tan propensos somos los investigadores, ni por supuesto un manual exhaustivo sobre el cultivo del arroz. En cada capítulo se analizan detenidamente los aspectos considerados más importantes, mencionando las características más elementales de los restantes. Se trata, espero, de una obra ágil, sencilla y concisa.

La diversidad de los condicionamientos técnicos y ambientales imposibilita dictar normas de cultivo aplicables a todas las situaciones o parcelas de arroz. A esto hay que añadir las lagunas de conocimiento existentes. En esta publicación no se dan, pues, normas ni instrucciones concluyentes; tan sólo se indican referencias técnicas, justificando y analizando sus bases teóricas y experimentales.

Esta obra va dirigida principalmente a los agricultores arroceros andaluces, pero también a los estudiantes y técnicos interesados en este singular y exótico cereal. Aunque

la mayoría de las referencias y de los resultados experimentales están basados en estudios e investigaciones realizados en nuestra región, los fundamentos y buena parte de las recomendaciones, con las lógicas matizaciones y diferencias, son también de aplicación e interés para las restantes zonas productoras españolas e incluso de otros países que disfruten de un clima mediterráneo o templado.

Vaya por delante mi agradecimiento a La Caja Rural del Sur por su amabilidad en subvencionar la publicación de este libro. Dentro de la amplia obra social de dicha entidad es notorio su apoyo al sector arrocero. Deseo resaltar la confianza y el apoyo recibidos por D. Jaime de Vicente Núñez, Director de la Fundación Caja Rural del Sur.

Quisiera expresar mi gratitud a todos los que me han ayudado con su trabajo y opiniones. A mis compañeros de Departamento de Investigación, ubicado en el IFAPA-Centro "Las Torres-Tomejil", dependiente de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía: D. Francisco Borjas Muñoz, D. Manuel Sánchez Contreras, D. Rafael García Carmona, D. José Luque Molina, D. José Luís Fernández Ramírez y D. Teodoro González Pineda, que dedican su esfuerzo diario a diversos proyectos I+D de arroz. A D. Mariano Espinosa Ruiz-Cabal, D. Juan Manuel Contreras Gallardo, D. Francisco Montes Delgado, D. Daniel Grau San Andrés, D. Isaac Lara Álvarez y a D^a Elena Admetlla Ribalta, que también integraron nuestro equipo de trabajo.

Al profesor James E. Hill, de la Universidad de Davis (California), agronomista del arroz de prestigio internacional, que orientó mis primeros pasos como investigador y con quien colaboré en varios proyectos durante mi ya lejana estancia en su país.

A D. Rafael Ballesteros Belmonte y a D. Ramón Carreres Ortells (responsables del Departamento de Arroz del IVIA, Valencia) y a D^a. M^a Jesús Pascual Villalobos, investigadora del IMIDA (Murcia) por su valiosa ayuda y colaboración. A la Federación de Arroceros de Sevilla.

Mi agradecimiento a D. José Manuel García Cano, excelente Ingeniero Técnico Agrícola, con el que he compartido agradables y provechosas jornadas de campo. Buena parte de las fotografías sobre labores de cultivo y los enemigos del arroz fueron tomadas por él. Igualmente a D. Luís Navarro García, Ingeniero Agrónomo experto en economía, por su colaboración y apoyo constante. Los tres, en equipo, hemos llevado a cabo diversos estudios agro-económicos. Gracias a ambos por su afecto y ayuda.

A la empresa Arrocerías Herba, S.A., a D. Jesús Candel López de Sá, y a D. Carlos Fernández Bermejo, en los que siempre hemos encontrado apoyo. Igualmente a Koipesol, S.A, así como a la Cooperativa Veta de la Mora (D. Rafael Escrivá Marí), a D. Álvaro Pallerés Bono, y a tantos Agricultores Colaboradores que pusieron y ponen a nuestra disposición sus parcelas de arroz para la realización de nuestros experimentos de campo.

A D.^a Dolores Bosque Alonso por su amabilidad y excelente labor de maquetación. A D. Enrique Rivas Vañó, que me acompañó en las duras tareas del tratamiento y corrección de los textos y figuras.

A todos ellos, amigos, muchas gracias.

Cuenta una leyenda balinesa que Vishnú, señor del agua y la fertilidad, se compadeció de los hombres al ver que sólo tenían el jugo de la caña de azúcar para comer. Tuvo que convencer a la Madre Tierra para que diera a luz al arroz, y después luchar con Indra, señor de los cielos, para forzarlo a que les enseñara a cultivarlo. Por tanto, dicen, el arroz debe ser tratado con reverencia y respeto.



Generalidades

Generalidades

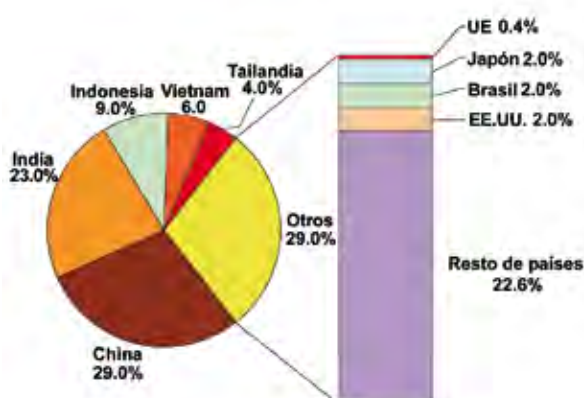
El arroz es, sin duda, el cultivo más importante del mundo si se considera la superficie que ocupa y la cantidad de personas que dependen de su cosecha. El arrozal abarca alrededor de 140-150 millones de ha, de las que algo más del 90% se encuentran en Asia. A China e India les corresponde, a partes casi iguales, la mitad de la superficie mundial. A la Unión Europea solamente el 0,3% de la superficie y el 0,4% de la producción mundial, que oscila en torno a los 370 millones de toneladas. En España, Japón y Corea se alcanzan los mayores rendimientos en grano (kg/ha).

Apenas el 5% de la producción mundial se destina al comercio exterior. Las exportaciones están concentradas en pocos países (Vietnam, Tailandia, USA, Egipto, etc.) mientras que las im-

portaciones están mucho más dispersas. De forma progresiva, el precio del arroz se ha convertido en un factor de significativa influencia en su producción, consumo y comercio. El crecimiento de la producción y consumo de este cereal está cada vez más determinado por los países no-asiáticos. El comercio mundial es inestable a causa de la variabilidad de los climas monzónicos, a la segmentación por tipos y calidades así como por la alta incidencia de las políticas de regulación e intervención.

De las 450.000 ha cultivadas en la Unión Europea casi la mitad corresponden a Italia, cerca de un 23% a España, siendo Portugal, Grecia y Francia, por este orden, los restantes países productores. La producción comunitaria ronda las 2.600.000 t. de arroz cáscara de las cuales las $\frac{3}{4}$ partes corresponden a arroces redondos y semilargos (japónica) y $\frac{1}{4}$ parte a arroces de grano largo (tipo indica). El consumo es similar a la producción, sin embargo el 45% corresponde a arroces Indica, dado que aunque en Italia y España los consumidores prefieren los arroces Japónica, en los restantes países de la Unión Europea el consumo de arroz tipo Indica alcanza el 70%.

La superficie arrocera andaluza ronda las 38.000 hectáreas, salvo en los años de restricciones de agua en los que el área sembrada puede disminuir drásticamente. La casi totalidad se en-



Distribución mundial de la producción del arroz



Zonas productoras de arroz en España.

cuentra en la provincia de Sevilla, en la comarca de las Marismas, configurándose como un coto redondo que se extiende a ambos márgenes del río Guadalquivir. Se trata de suelos llanos, arcillosos y salinos, de origen sedimentario. En Vejer de la Frontera, Benalup de Sidonia y otros municipios gaditanos limítrofes se cultivan unas 2.700 ha, regadas con aguas del pantano de Celemín. Nuestra área de cultivo representa el 35% de la superficie española de este cereal y el 8% de la comunitaria, las cuales son estables o tendentes a un ligero incremento.

En Andalucía, los rendimientos en grano alcanzan medias cercanas a los 8.000 kg/ha, situándose entre los mayores del mundo, y un 10-15% por encima de los rendimientos comunitarios. La producción media anual se estima en unas 250.000 t de arroz cáscara.

El número de explotaciones en Andalucía ronda el millar, con un tamaño medio algo superior



Ubicación de las áreas de cultivo en Andalucía.

al existente en otras zonas arroceras españolas y similar al de las italianas. Predomina la explotación de 25-30 ha. La proximidad entre las diversas parcelas que la integran, generalmente de tamaño rectangular, el alto grado de mecanización, el sistema de riego independiente, etc., conceden a las explotaciones andaluzas una situación privilegiada, aunque con costos unitarios algo superiores a los de las restantes regiones productoras de nuestro país. El régimen de tenencia más habitual es el de propiedad (cerca del 75% de la superficie) seguido del de arrendamiento. Cabe resaltar que la transformación y puesta en cultivo de los primitivos terrenos marismeños (iniciadas a finales de los años treinta) son fruto del esfuerzo de la iniciativa privada.

Poblaciones sevillanas como Aznalcázar, Dos Hermanas, Las Cabezas de San Juan, Los Palacios, Villafranca, La Puebla del Río, Utrera e Isla Mayor, además de las gaditanas de Vejer de la Frontera y Benalup de Sidonia, entre otras, poseen importantes superficies dedicadas a este cereal. Toda la actividad económica de Isla Mayor está basada en su cultivo e industrialización. Más que del cultivo del arroz, podemos hablar de una cultura del arroz.

El tramo final del Guadalquivir, entre Sevilla y su desembocadura, presenta un ligero desnivel, estando sometido a régimen de mareas. El agua salada del mar tiende a penetrar aguas arriba mientras que la dulce del río se opone a dicha intrusión, formándose una zona de transición (“tapón salino”) de salinidad variable, con mayor salinidad conforme nos acercamos a la desembocadura. El citado “tapón salino” puede desplazarse hacia el sur mediante desembalses de la presa situada en Alcalá del Río. Caudales de desembalse inferiores a los 26-30 m³/s permiten la penetración de agua con excesiva salinidad en las tomas de riego del arrozal.

La capa superficial del suelo, de unos 20 cm de profundidad, donde se desarrollan la mayor parte de las raíces, no suele ser excesivamente salina debido al continuo lavado por las lluvias y sobre todo por el agua de riego; sin embargo a mayor profundidad la salinidad es muy elevada. En ausencia prolongada de riego se produce la ascensión capilar de la sal, que queda depositada en la superficie del terreno. Debido a la salinidad del

suelo y del agua, el monocultivo de arroz es una práctica obligada en la casi totalidad de la zona.

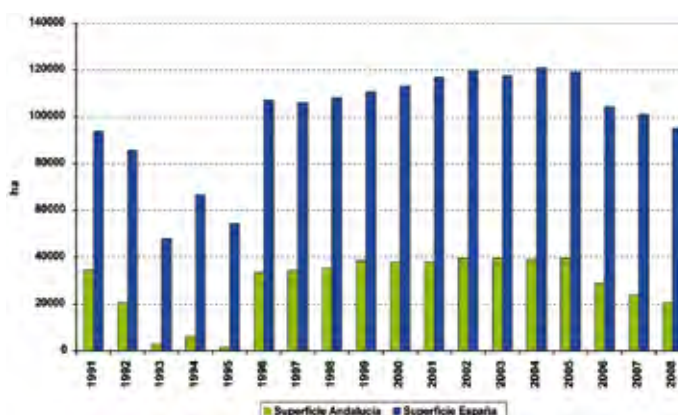
El incremento en los últimos años de la superficie regada en el Valle del Guadalquivir no ha venido acompañado por un incremento similar del agua disponible para riego. La escasez de agua se ha convertido en un problema demasiado frecuente en el arrozal andaluz. El aumento de la capacidad de embalse de la cuenca y la mejora de las infraestructuras hidráulicas serían necesarios para garantizar la rentabilidad y el futuro del arrozal.

España, que tradicionalmente dedicaba la práctica totalidad de su superficie a arroces cortos y semilargos, logró providencialmente disminuir sus excedentes (que alcanzaban el 20%) al dedicar la casi totalidad del arrozal andaluz y parte del extremeño a los arroces de grano largo (variedades tipo Indica), demandados y exportados, en su mayoría, a la Europa Comunitaria. Es destacable el rápido establecimiento de dichas variedades, que en las dos últimas décadas se han apoderado de la casi totalidad de la superficie. Sus excepcionales condiciones climáticas han convertido a Andalucía en la más importante región productora de arroces de grano largo de la Unión Europea.

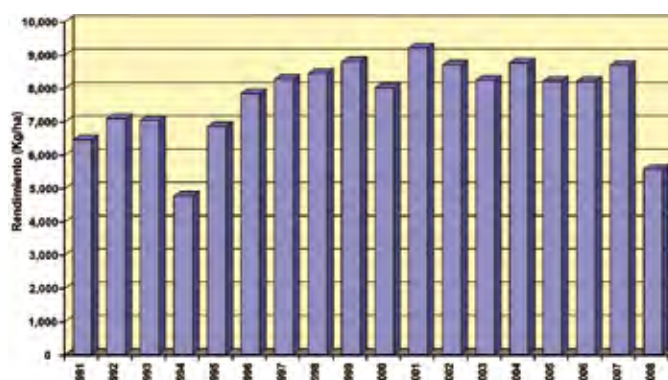
La tradicional industria arrocera sevillana posee una capacidad de elaboración más que suficiente para la totalidad del arroz producido en las Marismas, con instalaciones modernas y bien dimensionadas, obteniendo y comercializando excelentes productos. Son de destacar las instalaciones para la elaboración de arroz blanco normal y arroz vaporizado (*parboiled*), ubicadas en San Juan de Aznalfarache (Sevilla). La capacidad total es de aproximadamente 1.000 toneladas de arroz cáscara por jornada de ocho horas, lo que supone una capacidad teórica de campaña cercana a las 270.000 t., consumiendo anualmente una materia prima estimada en unas 170.000 t. Esta industria procesa también una cantidad estimable del arroz producido en Extremadura.

El asociacionismo es importante. Más del 90% de los arroceros pertenecen a alguna Comunidad de Regantes o Cooperativa, para la común realización de la limpieza, secado y comercialización de arroz cáscara. Es de destacar que la Cooperativa Arrozúa (que abarca casi un tercio de la

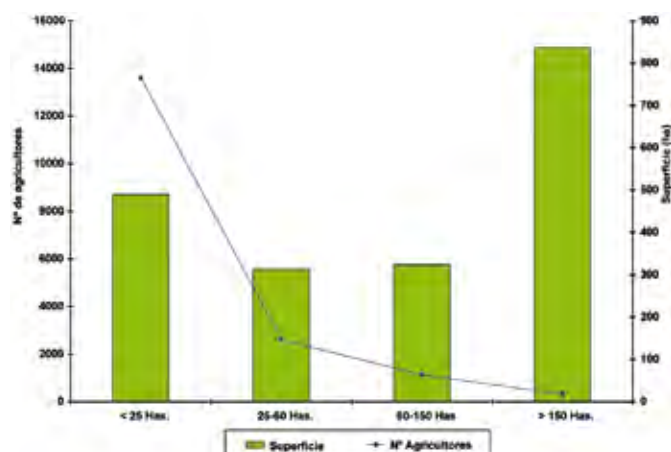
Evolución de la superficie cultivada de arroz en Andalucía y España. 1991-2008



Evolución del rendimiento medio de arroz en Andalucía. 1991-2008



Distribución de la superficie y del número de empresarios arroceros por estratos de tamaño de las explotaciones



superficie arroceras sevillana), dispone de recientes y modernas instalaciones de procesamiento, que le van a permitir iniciar la comercialización no sólo de arroz descascarillado (carga) sino también de su propio arroz blanco, tanto a granel como envasado.

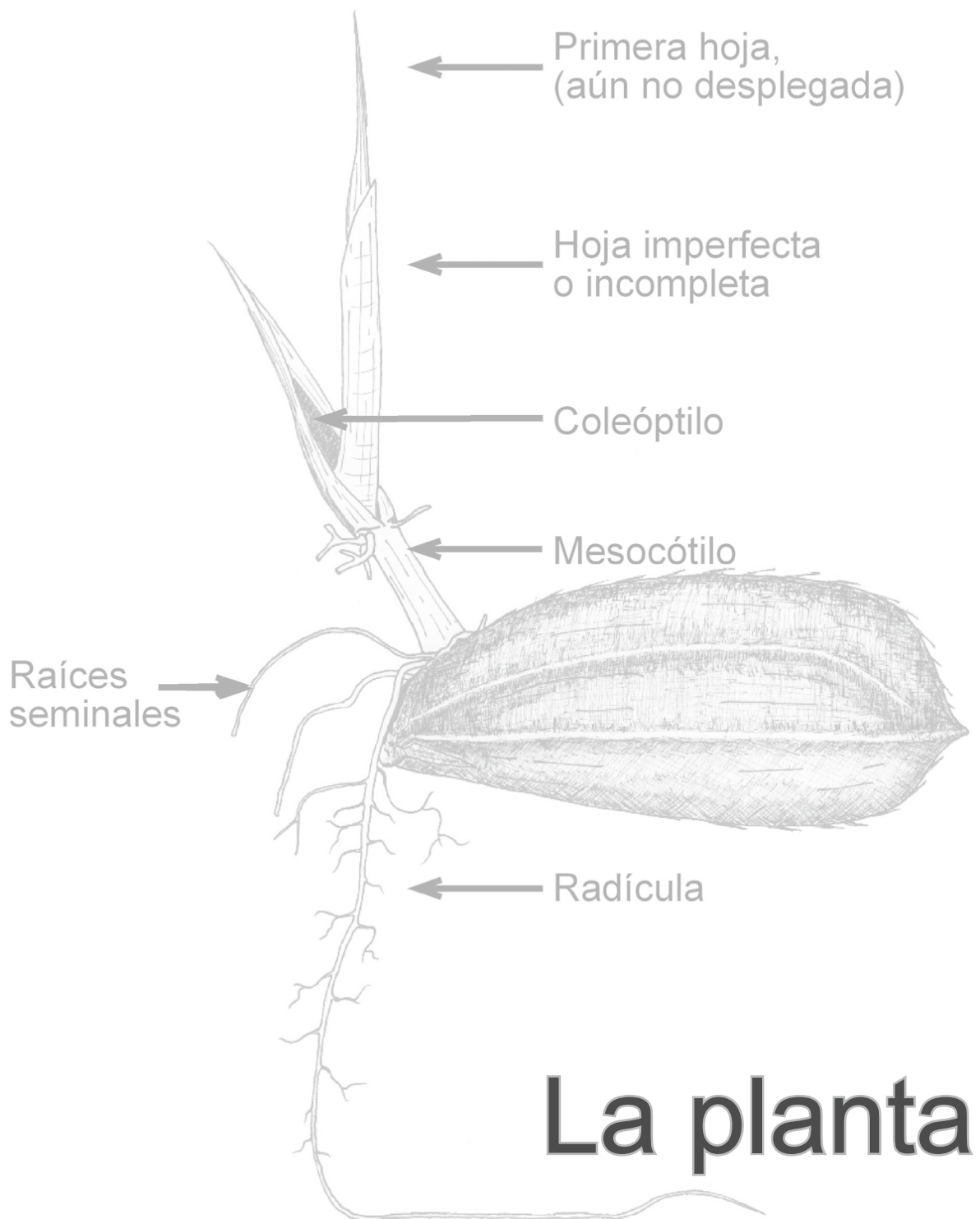
En 1990 el Consejo de Europa estableció las estrategias básicas y directrices técnicas de la producción integrada, la cual quedó definida como un sistema de producción de alimentos de alta calidad a través de métodos sostenibles, respetuosos con el medio ambiente, que mantuvieran la rentabilidad de las explotaciones agrícolas, contemplaran las demandas sociales en relación con las funciones de la agricultura y estuvieran de acuerdo con los requisitos que se establecieron para cada producto en el correspondiente Reglamento. Andalucía ha sido pionera en España y en Europa en la elaboración del Reglamento Específico de Producción Integrada de Arroz (REPIA). Actualmente, la casi totalidad del arrozal andaluz se cultiva bajo esta normativa. Existen algo más de 60 Agrupaciones de Producción Integrada (APIS), cada una con una superficie máxima de 500 ha. y con un Técnico encargado de ejecutar los controles de las prácticas de cultivo obligatorias, prohibidas y recomendadas, contempladas en el mencionado reglamento.

La modernización de la agricultura exige la utilización de métodos respetuosos con el medio ambiente que minimicen el uso de productos químicos y que permitan, a la vez, obtener productos de calidad. La calidad es la clave para adquirir la ventaja competitiva que permite sobrevivir en un mercado mundial, donde las distancias son cada vez más cortas y la competencia mayor. La producción integrada proporciona la sostenibilidad del ecosistema que soporta al cultivo y la disponibilidad de un distintivo de calidad, el cual podrá ser utilizado por los agricultores, mejorando la competitividad de sus producciones.

El arrozal sevillano, colindante con el Parque Nacional de Doñana, es un ecosistema indispensable para la alimentación, protección y multiplicación de la enorme riqueza en avifauna de las Marismas del Guadalquivir, contribuyendo significativamente a la conservación de dicho Patrimonio de la Humanidad, singular, precioso e insustituible. Las prácticas de cultivo, cada vez más respetuosas con el medio ambiente, estrecharán, aún más, la convivencia, dependencia y sinergismo entre ambos ecosistemas. Similar valor ecológico posee el arrozal gaditano, ubicado en la comarca de La Janda.



El cultivo está muy mecanizado. La casi totalidad de los tratamientos fitosanitarios se aplican por avión.



La planta

El medio físico (clima y suelo), las malas hierbas, plagas y enfermedades, junto con las prácticas de cultivo, son los tres factores que afectan al desarrollo de la planta de arroz. Dichos factores, a su vez, están relacionados entre sí. Las malas hierbas, por ejemplo, dependen del medio físico y de las prácticas de cultivo.

Pero en primer lugar es necesario conocer la planta, su morfología, estados fenológicos, fisiología, etc., especialmente aquellas características de la misma que ejercen mayor influencia sobre el rendimiento en grano y su calidad.

1.- Clasificación botánica

El arroz (*Oryza sativa*) es una planta monocotiledónea de la familia de las gramíneas. En algunos países de África Occidental permanecen aún pequeñas superficies de la otra especie cultivada, *Oryza glaberrima*. Existen otras especies del género *Oryza*, pero vegetan en estado salvaje y suelen utilizarse para mejorar la tolerancia de *O. sativa* a enfermedades, plagas, salinidad, etc., mediante cruzamientos.

Se reconocen tres subespecies ecogeográficas de *O. sativa*: Índica, Javánica y Japónica. La subespecie Índica tiene su origen en las regiones húmedas de los trópicos y subtropicos de Asia

(India, Thailandia, etc.). La Japónica es propia de las regiones templadas o subtropicales (Japón, gran parte de China, etc.). La Javánica se cultiva principalmente en Java y otras islas de Indonesia.

El cruzamiento entre distintas subespecies ha traído consigo la existencia de tipos intermedios. Este es el caso de las variedades Índica modernas, conocidas como tipo Índica, de grano largo, que sin embargo manifiestan algunas características propias de las Japónica tradicionales, como su baja talla. Mención aparte son las variedades híbridas, que estudiaremos en el capítulo dedicado a variedades. Se trata de híbridos



Fig. 1.1 Recolectando arroz flotante



Fig. 1.2.- *Zizania aquatica*: granos e inflorescencia

simples (como los del maíz), obtenidos mediante cruzamiento entre variedades de una misma subespecie, o incluso de distintas. Por ello existen variedades híbridas japónica, índica y procedentes de un cruce Índica x Japónica. En Andalucía se siembra una pequeña superficie con variedades híbridas de grano largo.

El arroz es una planta anual, aunque en algunas regiones tropicales, donde las condiciones climáticas son favorables, llega a crecer como perenne, dando cosecha durante dos o tres años consecutivos. En Andalucía se cultiva en condiciones casi permanentes de inundación. En otros continentes también puede ser cultivado en condiciones de secano o de submersión más o menos profunda, llegando hasta los 6-8 m en el caso de los arroces flotantes.

Los indios norteamericanos solían cosechar desde sus piraguas los granos, muy largos y de color marrón oscuro, de un cereal parecido al arroz, botánicamente denominado *Zizania aquática*. Comercialmente se conoce como arroz salvaje y es consumido en ensaladas mezclado con granos de auténtico arroz.

2.- Morfología

La planta de arroz consta de órganos vegetativos (raíces, tallos y hojas) y de órganos florales (panículas). La panícula es un conjunto de espiguillas. Cada espiguilla porta un grano, salvo en caso de esterilidad.

Tabla 1.3.- Clasificación genética y tipos morfológicos del arroz (*Oryza sativa*)

Subespecies		ÍNDICA		JAVÁNICA	JAPÓNICA
Grupos genéticos	Tradicional	Moderno (tipo Índica)	Aromáticos	Javánica	Tradicional
Ahijamiento	Fuerte	Fuerte	Fuerte	Débil	Medio
Color de hoja	Verde claro	Verde claro	Verde claro	Verde claro	Verde oscuro
Forma hoja bandera	Estrecha y larga	Estrecha y larga	Estrecha y larga	Ancha, larga	Estrecha y corta
Altura	Alto	Bajo o medio	Alto o medio	Alto o medio	Medio o bajo
Longitud panícula	Intermedia	Intermedia	Intermedia	Larga	Corta
Peso panícula	Medio	Medio	Medio	Pesada	Pesada
Grano	Muy largo y estrecho	Largo y estrecho	Largo y estrecho	Largo y ancho	Redondo o semilargo
Clima	Tropical templado	Subtropical-templado	Subtropical-templado	Tropical	Templado (menor exigencia en temperatura)
Variedades en Andalucía	No se cultivan	Puntal, Thaibonnet...	En introduc.	No se cultivan	Fonsa, Marisma, J. Sendra...

2.1.- Raíces

El sistema radicular primario está constituido por la raíz embrionaria (radícula) y una corona de raíces seminales, teniendo como principal función el anclaje de la plántula. Es muy superficial y de carácter temporal.

En los primeros estados de desarrollo de la planta, cuanto más elevado es el nivel de agua en la parcela (tabla) menor es la actividad y desarrollo de las raíces, debido a la disminución de oxígeno en la zona radicular; por el contrario, la parte aérea debe incrementar su alargamiento mediante la elongación del mesocótilo, en su búsqueda de la luz. Una excesiva desproporción entre las partes aérea y radicular aumenta el riesgo de desarraigo de la plántula, agravado en presencia de viento. Las variedades tipo Índica, más exigentes en temperatura y con menor velocidad de crecimiento que las Japonicas, especialmente en sus primeros estados de desarrollo, exigen niveles más bajos de agua hasta lograr su arraigo.

Al inicio del ahijado el sistema radicular primario es sustituido por el sistema secundario,

constituido por raíces adventicias, más gruesas y fibrosas, más profundas y ramificadas, de mayor capacidad absorbente. Se forman a partir de los nudos inferiores de los tallos jóvenes. Algunos nudos superiores pueden a veces emitir pequeñas raíces aéreas, ocultas tras las vainas foliares. Dos tercios de las raíces se encuentran a menos de diez centímetros de profundidad, influyendo en su distribución tanto la aireación y fertilidad del suelo como el manejo del agua de riego. El sistema radicular alcanza su máximo desarrollo al final del ahijamiento cesando de absorber nutrientes cuando el grano se encuentra en estado lechoso. Las variedades resistentes al encamado suelen tener un sistema radicular secundario más profundo que las sensibles. Las raíces suponen alrededor del 11% de la materia seca total de la planta.

2.2.- Tallos

El tallo está compuesto por una serie alterna de nudos y entrenudos. Los entrenudos maduros son huecos y su número suele oscilar entre siete y doce. Son de color verde aunque, a veces, como los nudos, presentan pigmentaciones rojizas

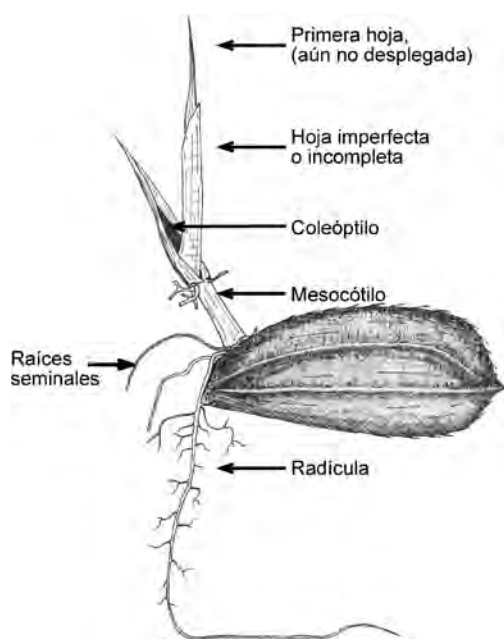


Fig.1.4.- Plántula de arroz (código BBCH 10). Hoja imperfecta desarrollada, visible la punta de la 1ª hoja verdadera (Manuel Aguilar)



Fig. 1.5.- Sistema radicular adventicio

o violáceas, denominadas antociánicas. La longitud de los entrenudos es variable, aumentando de los más bajos a los más altos; en cambio su grosor es mayor en los entrenudos basales. Al principio, durante la fase vegetativa, los nudos se encuentran muy juntos (entrenudos comprimidos) en la base de la planta, a ras del suelo. En dicha fase temprana de crecimiento lo que llamamos tallo es en realidad un conjunto de hojas siendo el verdadero tallo de muy corta longitud (alrededor de 2 mm). Posteriormente tendrá lugar el alargamiento de los entrenudos.

Cada nudo tiene una hoja en cuya axila se encuentra una yema, la cual puede originar un vástago o hijo. En condiciones normales, cada planta tiene de dos a seis hijos fértiles (que dan grano) aunque en óptimas condiciones pueden superar los cincuenta. El número de hijos depende de la variedad, de las condiciones edafo-climáticas y de las prácticas de cultivo. Temperaturas extremas, baja fertilidad del suelo, elevada densidad de plantas, excesiva altura de la lámina de agua, toxicidades en el suelo o causadas por tratamientos químicos inadecuados, etc. disminuyen o inhiben el ahijamiento. En floración la planta alcanza su máxima altura.

2.3.- Hojas

Tras la aparición del coleóptilo emerge una hoja imperfecta (o incompleta), ya que carece de limbo. Todas las hojas posteriores serán completas. Para determinar el número de hojas de una planta de arroz no se tiene en cuenta la hoja imperfecta, sino sólo las hojas completas. En una hoja de arroz pueden distinguirse el limbo, la vaina, la lígula y las aurículas. El limbo es la parte expandida de la hoja y se une al nudo por la vaina. La vaina es la parte inferior de la hoja y envuelve el entrenudo inmediatamente superior. El mayor espesor del nudo, con relación al entrenudo, provoca el correspondiente abultamiento en la base de la vaina, denominado pulvínulo. Una vaina corta (entrenudos, por tanto, cortos) y gruesa suele ser indicio de mayor resistencia al encamado. Tanto el limbo como la vaina están surcados por venas paralelas por donde circula la savia.

Las aurículas son dos pequeños apéndices, con forma de orejuelas, situados a ambos lados de la unión articulada del limbo y la vaina. In-

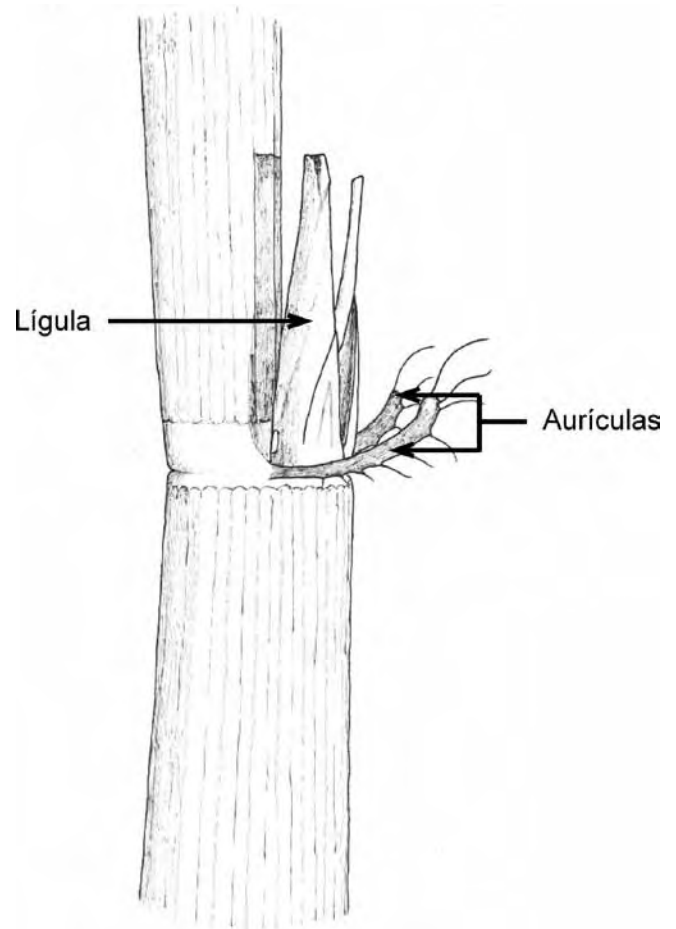


Fig. 1.6.- Lígula y aurículas (esquemático). (M. Aguilar)

mediatamente por encima podemos observar una membrana triangular, de textura parecida al papel, denominada lígula. Muy raramente se encuentran variedades de arroz sin lígula. En cambio *Echinochloa sp.* (colas) carece de lígula y de aurículas, lo que facilita su distinción del arroz.

Las variedades de arroz de hojas erectas, en contraposición con las de hojas colgantes, suelen ser más resistentes al encamado y a las enfermedades. Esto es debido a una mejor aireación y a una menor retención de las gotas de rocío. Además, permite una mayor penetración de la luz y de los tratamientos químicos foliares hasta las partes bajas del tallo. Muchas variedades modernas sitúan sus hojas por encima de la panícula para evitar que ésta provoque sombreos que disminuyan la actividad fotosintética de las hojas. Conforme avanza el ciclo vegetativo de la planta se van secando sus hojas basales, que fueron las primeras en desarrollarse. En floración cada tallo fértil suele tener alrededor de cinco o seis hojas verdes. Conviene que las hojas permanezcan verdes el

mayor tiempo posible (senescencia tardía) a fin de prolongar su actividad fotosintética. La coloración, pilosidad y longitud de las hojas son características varietales. La última hoja se llama bandera u hoja panicular. La penúltima se denomina hoja bandera-1 (HB -1). Ambas son determinantes para la formación de la panícula y el llenado de los granos. Por debajo de la HB -1 está la HB -2, y así sucesivamente.

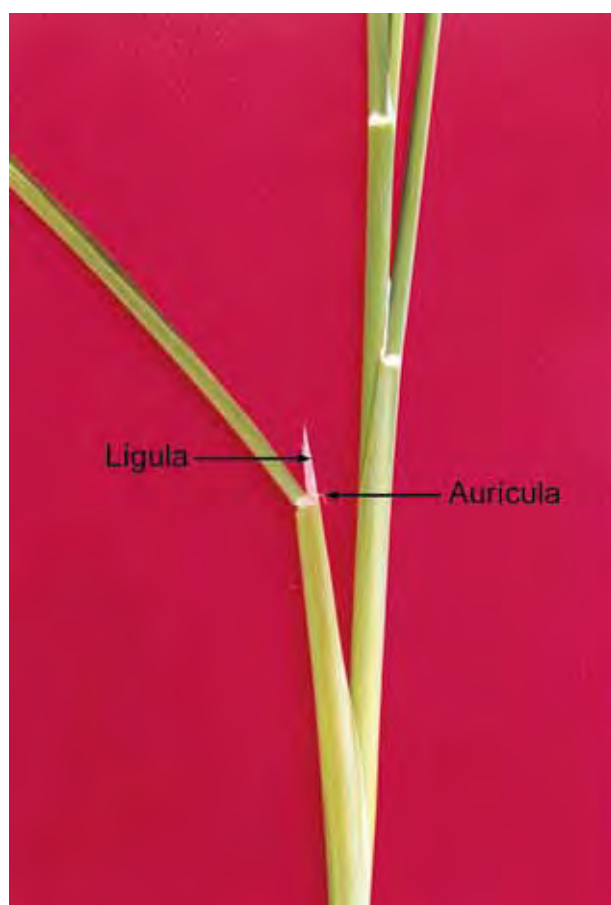


Fig. 1.7.- La hoja del arroz tiene ligula y aurículas

El arroz no puede vivir sin oxígeno, pudiendo vegetar en suelos inundados debido a un sistema interno de espacios de aire que facilita su difusión desde los estomas u orificios de las hojas, a través de los conductos o vasos del tallo, hasta la raíz. El arroz prefiere vivir en medio aeróbico (con oxígeno) por lo que conviene evitar alturas excesivas de la lámina de agua.

2.4.- Panícula

La panícula es un conjunto de espiguillas que están situadas por encima del nudo superior del tallo o base de la panícula. Dicho nudo es el punto de referencia para medir la longitud tanto

de ésta como del tallo. La altura total de la planta es la suma de ambas longitudes, considerando la panícula erecta. El último entrenudo del tallo, que emerge de la vaina de la hoja bandera, se denomina cuello de la panícula. A diferencia de los otros entrenudos, que tienen forma cilíndrica, el cuello posee nervios abultados y, a veces, forma sinuosa. El grado de emergencia de la panícula queda definido por la distancia existente entre la base de la panícula y la articulación vaina-limbo de la hoja bandera.

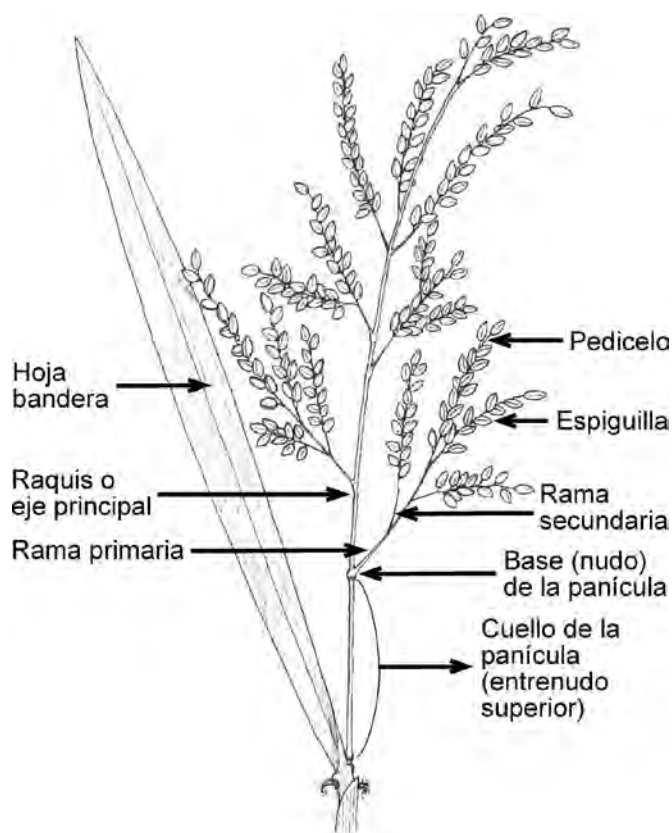


Fig. 1.8.- Morfología de la panícula (esquemático). (M. Aguilar)

La panícula permanece erecta en floración adoptando posteriormente un porte más o menos colgante en función de la flexibilidad del raquis y del peso de sus granos maduros. La longitud y densidad (número de granos por unidad de longitud) de la panícula difiere considerablemente según variedades. La forma de la panícula (cerrada, abierta y laxa) depende del ángulo formado entre las ramificaciones primarias con el eje principal o raquis.

2.5.- Espiguilla

En su base se encuentran dos brácteas (cubiertas duras) rudimentarias llamadas glumas,

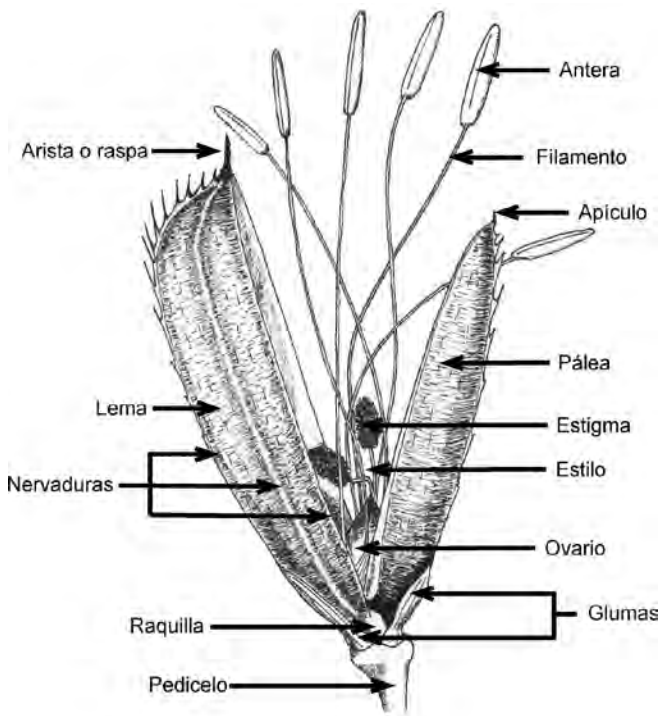


Fig. 1.9.- Morfología de la espiguilla (M. Aguilar)

de pequeño tamaño y coloración variable, quedando todas las partes florales por encima de ellas. La flor se encuentra dentro de otras dos brácteas, la lema y la pálea, denominadas glumillas, que paradójicamente son de mayor tamaño que las glumas, conectándose mediante un eje diminuto o raquilla. La lema, de tamaño superior a la pálea, posee cinco nervios. En algunas variedades su nervio central se prolonga en una raspa o arista más o menos larga. La pálea sólo tiene tres nervios. Las puntas de ambas glumillas se juntan para formar el ápice del grano cuya coloración y forma varía según variedades. La coloración y pilosidad de las glumillas son también caracteres varietales diferenciales.

La flor consta de seis estambres y un pistilo. Cada estambre se compone de filamento y antera, mientras que el pistilo consta de ovario, estilo y estigma, siendo éste de estructura plumosa. Bien ocultas en la base de la flor existen dos pequeñas estructuras casi transparentes, las lodículas, cuya hidratación provoca la antésis o apertura de la flor.

Cada espiguilla individual se inserta a la rama de la panícula mediante el pedicelo o pedúnculo.

2.6.- Grano

El grano de arroz es un fruto (arroz cáscara) constituido por una semilla (cariópside) recubierta por dos glumillas soldadas (pálea y lema) o cascarilla. El pericarpio es la capa más externa que rodea a la semilla. Suele ser de color marrón claro, como podemos apreciar en el arroz cargo o integral (sin cascarilla). En el arroz rojo, que se comporta como mala hierba, su color es, casi siempre, rojizo.

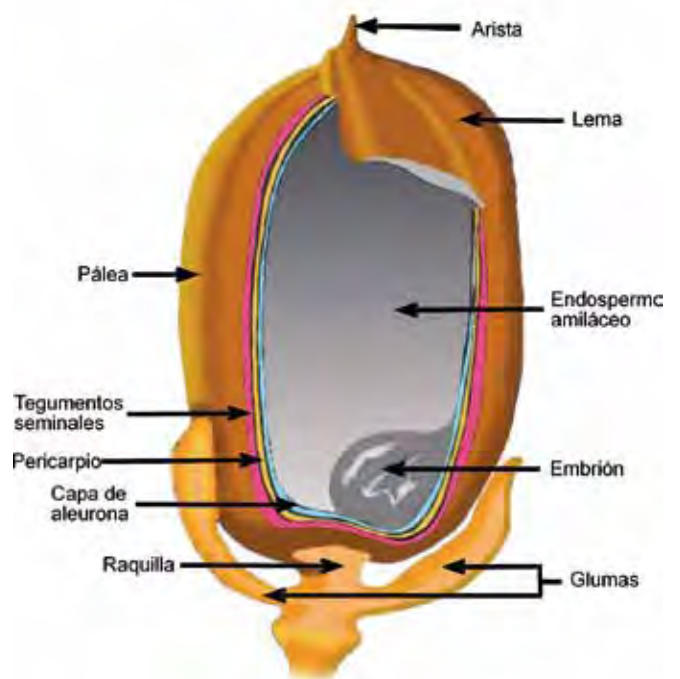


Fig. 1.10.- Estructura del grano (M. Aguilar)

Debajo de los tegumentos seminales se encuentra el albumen o endospermo que es el órgano de reserva de la semilla y está repleto de granos de almidón salvo una delgada cubierta celular (capa de aleurona) de naturaleza proteica. El endospermo es siempre de color blanco (arroz blanco).

El embrión o germen se encuentra en la parte basal de la semilla, junto a la lema, y contiene, entre otros, la raíz embrionaria (radícula) y el primordio de la primera hoja (plúmula o gémula). La radícula está envuelta por su vaina protectora llamada coleoriza. La plúmula está protegida por el coleótilo.

Los granos pueden ser pilosos o glabros (sin pelo). Los glabros tienen menor porcentaje

de cascarilla y retienen menos la humedad (gotas de rocío), lo que disminuye la incidencia de algunas enfermedades, como piricularia, y anticipa un poco su recolección, reduciéndose los gastos de secado. La existencia de largas aristas suele ser otra característica varietal negativa. El medio ambiente puede provocar pequeñas variaciones en la longitud de la arista, sólo apreciables entre zonas arroceras muy diferentes o distantes. La cariopsis se inserta al raquis mediante el pedicelo, del que se separa tras la maduración. Algunas variedades son resistentes o de difícil desgrane y otras desgranar más fácilmente. Existen distintos tamaños y formas del grano, con diversos aspectos (cristalino y perlado), granos verdes, yesosos, etc. Todo ello junto con la determinación de los rendimientos industriales (total y en enteros) y otros atributos serán analizados en el capítulo dedicado a la calidad del grano.

3.- Estados fenológicos

Para una correcta aplicación de la mayoría de las prácticas de cultivo (tratamientos fitosanitarios, manejo del agua, cosecha, etc.) es conveniente conocer el estado fenológico o momento en que la planta de arroz se encuentra. En este sentido, su ciclo biológico se divide, primeramente, en fases. Dentro de cada fase consideraremos va-

rias etapas o períodos fisiológicamente distintos. Finalmente cada etapa se subdivide en diversos estados fenológicos con el propósito de definir, de forma precisa, cada momento determinado, o período muy corto, de la vida de la planta.

La escala más utilizada para la identificación de los estados fenológicos del arroz se denomina BBCH (ver bibliografía recomendada), la cual divide la vida de la planta en 100 estados fenológicos (también denominados códigos BBCH), desde el 00 al 99. Para la descripción de los distintos estados fenológicos, la escala se basa en características externas de la planta claramente reconocibles, tomando en consideración, como regla general, el desarrollo del tallo principal. Se basa, pues, en las características de una planta individual. Si usamos esta escala para describir el estado fenológico de una población de plantas, es necesario llevar a cabo un muestreo y determinar los correspondientes valores medios.

En primer lugar, la escala BBCH divide el ciclo completo del desarrollo de la planta (ciclo biológico) en 10 estadios principales de crecimiento, claramente distinguibles, usando los números del 0 al 9 en orden ascendente (Tabla 1.11), de acuerdo con el normal desarrollo fisiológico de la planta. Los estadios principales describen períodos relativamente amplios. Por ello, y para describir perio-

Tabla 1.11.- Estadios principales en la escala BBCH

Estadios principales	Descripción
0	Germinación
1	Plántula
2	Ahijamiento
3	Encañado
4	Zurrón
5	Espigado
6	Floración
7	Grano acuoso y lechoso
8	Grano pastoso y duro
9	Sobremaduración

dos más cortos, la escala BBCH divide, a su vez, cada estadio principal en 10 estadios secundarios. Dichos estadios secundarios también se codifican usando números del 0 al 9. La combinación de los números de un estadio principal de crecimiento y el número de un estadio secundario dan lugar a un código digital de dos cifras, que abarca desde el código 00 al código 99. Por ejemplo, el estado fenológico de planta con tres hijos, que corresponde al código BBCH 23, el dígito de las decenas (el 2) nos indica el estadio principal, que corresponde al ahijamiento, mientras que el dígito de las unidades (el 3) nos indica el estadio secundario (tres hijos). A igualdad de fecha de siembra, la variedad con mayor código BBCH estará, comparativamente, en un estado de desarrollo más avanzado. La escala BBCH permite establecer con exactitud intervalos dentro del desarrollo de la planta para así,

por ejemplo, aplicar un tratamiento herbicida entre los códigos 21-59, no aplicar más de 40 Kg de N por ha tras el código 32, etc.

También son útiles otras escalas, mas reducidas y manejables, donde sólo aparecen las etapas y estados fenológicos más destacables, como la que elaboramos para uso de los Técnicos de Producción Integrada, mostrada en la Tabla 1.12.

El ciclo completo de la planta de arroz se puede dividir en tres fases: la fase vegetativa, desde la germinación de la semilla hasta el final de ahijamiento; la fase reproductiva, desde el inicio de la formación de la panícula hasta el final de la floración; y la fase de llenado y maduración, que abarca desde la fecundación hasta la maduración completa del grano.

Tabla 1.12. Principales estados fenológicos del arroz

Fases		Estados fenológicos
Fase Vegetativa	1	Germinación
	2	Plántula 3 hojas
	3	Plántula 4 hojas
	4	Principio ahijado
	5	Final de ahijado
Fase Reproductiva	6	Iniciación de la panícula (visible al microscopio)
	7	Diferenciación de la panícula (2 mm de longitud)
	8	Encañado
	9	Zurrón (final del encañado)
	10	Espigado
	11	Floración
Fase de Llenado y Maduración del grano	12	Grano acuoso
	13	Grano lechoso
	14	Grano pastoso
	15	Grano duro
	16	Cosecha (18-22% humedad)

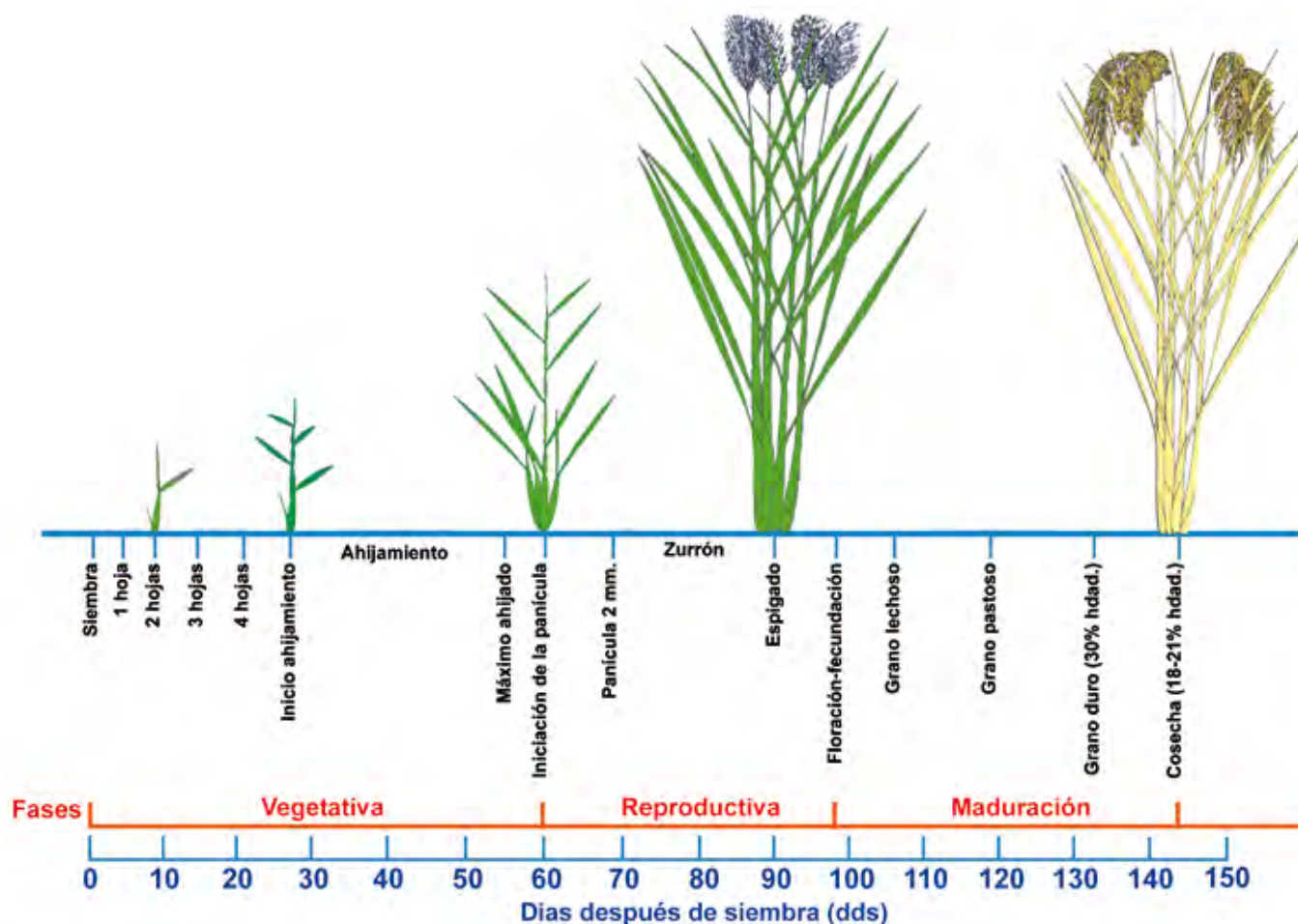


Fig. 1.13.- Principales estados fenológicos del arroz y su duración aproximada (días después de siembra) en las Marismas del Guadalquivir (M. Aguilar)

3.1.- Fase vegetativa

Para su mejor análisis, vamos a dividirla en cinco etapas consecutivas.

3.1.1.- Pregerminado

La semilla (botánicamente sería más correcto decir grano) se sumerge en agua durante uno o dos días, aprovechando un canal de riego, un remolque revestido por una lámina de plástico o incluso albercas adecuadas. La semilla remojada reduce su flotabilidad al expulsar el aire contenido en su cascarilla. Transcurrido este período se la deja escurrir procurando sembrar al día siguiente. Tras el escurrido queda expuesta al aire (oxígeno), lo que acelera el desarrollo del embrión. En este proceso germinativo se desprende calor, a causa de la respiración. Este incremento de calor, si la siembra se retrasa más de 48 horas, puede dañar al embrión o disminuir su poder germinativo. En este caso, sería conveniente sumergir la semilla en agua fresca para evitar su recalenta-

miento. También es perjudicial que el coleóptilo o la radícula alcancen una longitud excesiva ya que se incrementa el riesgo de rotura durante la manipulación de la semilla previa a la siembra.

El escurrido reduce el peso de las semillas, las separa, mejorando su manejo y distribución, y favorece que el grano quede en la superficie del terreno, en vez de enterrado, en las siembras por avión. Este pregerminado antes de la siembra ayuda al establecimiento de la plántula al concederle cierta ventaja de tiempo en su competencia con las malas hierbas, plagas y enfermedades.

3.1.2.- Germinación-plántula con tres hojas

Cuando un grano de arroz germina en suelo bien drenado, la coleoriza surge antes que el coleóptilo, invirtiéndose este orden en terreno anegado. El coleóptilo, con forma de cilindro ahueado, encierra y protege, en su ascensión, a las primeras hojas. La primera sólo tiene vaina careciendo, pues, de limbo. La radícula sale a través

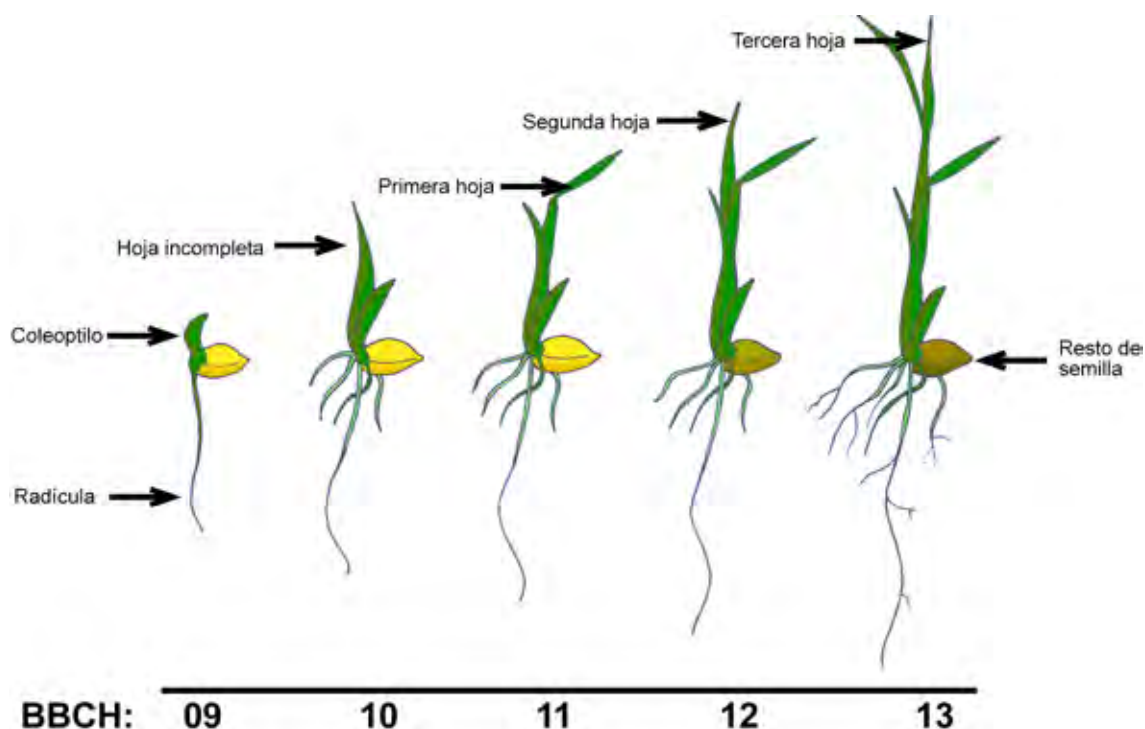


Fig. 1.14.. Desarrollo de la plántula (M. Aguilar)

de la coleorriza seguida de dos o más raíces seminales, blancas, cilíndricas y poco ramificadas.

Durante esta etapa, crucial y delicada, la plántula depende, casi por completo, de las reservas acumuladas en el endospermo. La capacidad y velocidad germinativa difiere según variedades.

3.1.3.- Plántula con cuatro y cinco hojas

Con cuatro hojas, prácticamente agotadas las reservas de la semilla, la plántula comienza, de forma significativa, la actividad fotosintética con el fin de fabricar su propio alimento. En esta etapa se inicia el desarrollo de las raíces adventicias, que sustituyen a las seminales. Todo ello hace que la planta sea menos sensible que en la etapa anterior. El desarrollo de la quinta hoja, o de la cuarta en caso de temperaturas más elevadas, suele marcar el inicio del ahijado.

3.1.4.- Ahijamiento

La etapa de ahijado sigue a la de plántula. Comienza (a los 20-30 días después de la siembra) con la aparición del primer hijo, que brota de la yema situada en la axila de la primera hoja completa. De las yemas de las hojas superiores surgirán, progresivamente, nuevos hijos. Los hijos que nacen directamente de la planta madre se denominan primarios y están dispuestos, como las

hojas, de forma alterna. En condiciones idóneas (baja densidad de plantas, suelo fértil, temperatura y variedad adecuadas, baja incidencia de plagas y enfermedades, etc.) este fenómeno puede repetirse en los hijos primarios, dando lugar a hijos secundarios y estos, a su vez, a hijos terciarios. El aumento del número de hijos prosigue hasta al-



Fig. 1.15.- Plántulas con un hijo (BBCH 21)

canzarse el estado de máximo ahijamiento. Algunos de ellos, los más tardíos, mueren o no llegan a formar panícula. La frecuencia de hijos fértiles aumenta conforme mayores son los niveles de agua en la tabla. Cada hijo fértil es una planta completa que podría sobrevivir y madurar separado de su planta madre.

En Andalucía, debido a la frecuente aplicación de elevadas dosis de siembra, con la consiguiente alta densidad de plántulas, suelen brotar sólo entre dos y seis hijos primarios por plántula. En general las variedades tipo Índica ahijan más que las Japónicas.

El número de plántulas que sobreviven así como el número de hijos fértiles que ellas emiten, determinan el número de panículas por metro cuadrado. Este componente del rendimiento tiene una gran influencia en la cosecha.

3.1.5.- Máximo ahijado

Esta etapa, que por tratarse de un momento breve y preciso de la vida de la planta, es en realidad un estado fenológico, ocurre poco antes del inicio del encañado. La planta dispone ya de un extenso sistema de raíces adventicias. Pero por un corto período de tiempo ralentiza su crecimiento, llegando incluso a amarillear, preparándose para el gran esfuerzo que supondrá el alargamiento de sus tallos.



Fig. 1.17.- Diferenciación de la panícula (BBCH 32)



Fig. 1.18.- Estado fenológico de tres nudos (BBCH 33).

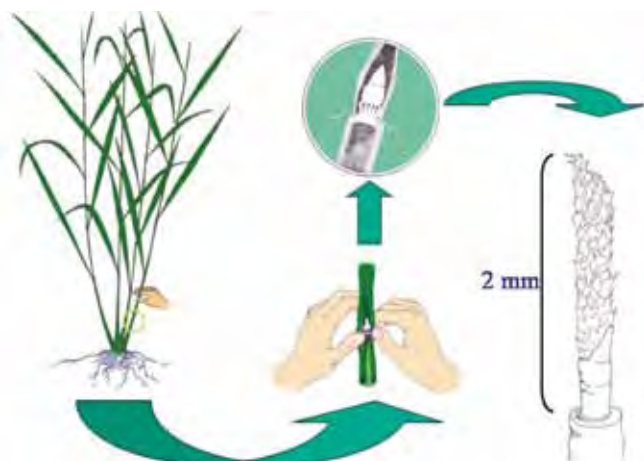


Fig. 1.16.- El estado de diferenciación de la panícula (longitud 2 mm) se determina mediante un corte longitudinal. BBCH 32 (M. Aguilar)

3.2.- Fase reproductiva

La variedad, la temperatura y, en mucho menor grado, la intensidad y la duración diaria de la luz solar (fotoperíodo) determinan el comienzo de esta fase, que dividiremos en cuatro etapas consecutivas.

3.2.1.- Iniciación-diferenciación de la panícula

El inicio de la formación de la panícula ocurre antes en la planta madre que en sus hijos. El primordio o embrión panicular está situado justo por encima del nivel del suelo, rodeado por las hojas. El estado fenológico de iniciación de la panícula sólo puede determinarse mediante examen al microscopio.

Pasados siete u ocho días la panícula alcanza una longitud suficiente para ser observada a simple vista, previo corte longitudinal de la planta con una navaja afilada, cuidando de no romper la panícula tierna (Fig. 1.16). Este estado, mucho más práctico, se denomina de diferenciación de la panícula. Se establece cuando el 30% de una muestra de plantas madres poseen panículas de 2 mm. Una semana después la panícula alcanza los 2 cm de longitud.

Esta etapa es crítica en el desarrollo de la planta, siendo exigente en luz, agua y nitrógeno, así como más sensible a ciertos tratamientos fitosanitarios como los herbicidas hormonales.

El número de espiguillas por panícula se determina en esta etapa.

3.2.2.- Alargamiento del tallo (encañado y zurrón)

En nuestras condiciones comienza tres o cuatro días después de la iniciación de la panícula. En algunas variedades, sobre todo de ciclo largo, los tres estados fenológicos (máximo ahijamiento, iniciación de la panícula e inicio de encañado) son prácticamente simultáneos. El alargamiento del

tallo es consecuencia del alargamiento de sus entrenudos, especialmente de los superiores. Esta elongación continua hasta floración.

El aumento de tamaño de la joven panícula, que asciende dentro de la vaina de la hoja bandera, hace que dicha vaina se hinche (zurrón o preñado). Cuando el collar (articulación entre el limbo y la vaina) de la hoja bandera y el de la penúltima hoja están al mismo nivel (estado fenológico de prezurrón) ocurre la meiosis (o formación de los granos de polen) en las espiguillas situadas en la parte media de la panícula en crecimiento. El frío puede inhibir dicha formación incrementando la esterilidad floral y el porcentaje de granos vacíos. El descenso de la temperatura también puede originar diversas malformaciones en las espiguillas (menor tamaño y glumillas de color blanco). En el estado de “zurrón tardío” la panícula tierna y todavía oculta alcanza su longitud definitiva, siendo ya sensible a piricularia.

3.2.3.- Espigado y floración

La etapa de zurrón va seguida por la aparición de la panícula fuera de la vaina de la hoja bandera (espigado). Se denomina comienzo de



Código 47: se empieza a abrir la vaina de la hoja bandera (zurrón avanzado)



Código 51: comienzo de la emergencia de la panícula.



Fig. 1.21.- Fin de espigado: nudo de cuello coincide con la aurícula de la hoja bandera.



Fig. 1.22.- Anteras visibles en la mayoría de las espiguillas (BBCH 65) Cortesía de D. José Manuel García Cano

espigado a la emergencia del extremo de la panícula. La emergencia completa de una panícula abarca un período de siete u ocho días, que puede alargarse en algunas variedades. Cabe señalar que no es lo mismo que una panícula haya emergido al 50% de la vaina de la hoja bandera, a que el 50% de las panículas de las plantas de una parcela hayan emergido totalmente, aunque ambos criterios suelen utilizarse para comparar el número de días entre la siembra y el espigado (ciclo a espigado) de diversas variedades.

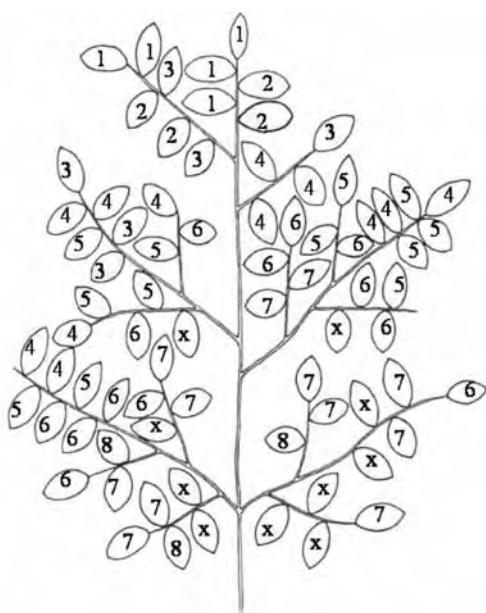


Fig. 1.23.- Representación esquemática del orden de floración de las espiguillas de una panícula (la floración se completa en 8 días). Flores con x no abren.

La apertura (antésis) de las primeras flores es casi simultánea con el final del espigado. El estado fenológico del comienzo de floración tiene lugar cuando las anteras de la parte alta de la panícula son visibles. Se denomina plena floración cuando son visibles las anteras de la mayoría de las espiguillas, estado que tiene lugar unos 30 días después de la diferenciación de la panícula. La panícula completa florece, por término medio, en siete u ocho días, empezando de la parte alta para abajo y de fuera hacia adentro (Fig. 1.23). Aunque cada panícula emplea poco más de una semana en su completa floración, según variedades, las diferencias existentes entre padres e hijos provocan que el período de floración en la parcela se alargue hasta las dos o tres semanas. Esta floración escalonada trae consigo falta de uniformidad en el contenido de humedad de los granos a la hora de la cosecha, lo que en casos extremos puede afectar negativamente a su rendimiento industrial.

La apertura de las flores suele ocurrir entre las 11 y las 14 h. La lema y la pálea se abren, el filamento se alarga y las anteras se abultan desprendiendo sus granos de polen, que caen sobre los estigmas. Uno de los granos de polen, mediante el alargamiento de su tubo polínico, alcanza el óvulo y lo fecunda. Conforme las flores se abren las anteras polinizan antes de que polen extraño pueda introducirse en el estigma. Existen variedades que incluso polinizan antes de la apertura de la flor. Las flores permanecen abiertas sólo un par de horas. El grano de polen tarda otras dos horas en llevar a cabo la fecundación. El porcentaje de autofecundación alcanza el 99,5%, es decir, solamente un 0,5% de las flores son fecundadas con polen procedente de otra flor.

Después de la fecundación las glumillas se cierran, encajando sus bordes, que quedan soldados en cuatro o cinco días. Las anteras suelen quedarse fuera. Cada espiguilla o flor pueden potencialmente dar un grano. Los granos de la punta de la panícula son los primeros en llenarse y madurar, siendo los más grandes y pesados.

En esta etapa se determina el porcentaje de espiguillas fértiles.

3.3.- Fase de maduración

Después de la fecundación empieza el llenado del grano y su maduración. Una vez formado

el embrión, el grano comienza a ensancharse y llenarse por su base. Los carbohidratos o azúcares son transportados de otras partes de la planta (hojas y tallos) al grano en desarrollo (fenómeno denominado translocación de la materia seca). Las hojas se vuelven amarillas (senescencia) en orden ascendente. Las hojas y los tallos que dejan de funcionar se suelen denominar paja muerta. En algunas variedades las hojas superiores pueden continuar verdes incluso durante la cosecha. El desarrollo del grano es un proceso continuo, pasando por los estados acuoso, lechoso, pastoso y duro. Estos términos describen su textura conforme pierden humedad. El grano está fisiológicamente maduro cuando su contenido de humedad desciende hasta el 30% aproximadamente (estado pastoso-duro), momento en que alcanza su máximo peso seco. La madurez comercial (cosecha) tiene lugar algunos días más tarde, cuando el grano está duro, difícil de dividir con la uña del pulgar, y además su humedad se encuentra entre el 18 y el 22%, según variedades. El grano cosechado para semilla se cosecha normalmente con un poco menos de humedad. En años normales transcurren entre 45 y 55 días entre el 50% de espigado y la cosecha, dependiendo de la variedad. En años fríos este período se alarga.



Fig. 1.24.- Arroz "retoñado"

En condiciones ambientales favorables el rastreo puede emitir nuevos hijos (arroz retoñado, Fig. 1.24), llegando en otros lugares, por ejemplo en ciertas áreas del Valle del Mississippi, a dar incluso una segunda cosecha, aunque reduciéndose la longitud del ciclo vegetativo del arroz y su rendimiento en grano.

4.- Componentes del rendimiento

Los componentes del rendimiento son tres: el número de panículas por unidad de superficie; el número medio de granos por panícula; y el peso medio del grano individual. La combinación de estos componentes determina el rendimiento final en grano o cosecha.

Rendimiento (peso de los granos / hectárea) = número de panículas/ hectárea x número medio de granos por panícula x peso medio de un grano.

Cada variedad tiene unos valores idóneos para cada uno de sus tres componentes, que en conjunto determinan su máximo rendimiento potencial. En años de grandes cosechas o mediante ensayos en óptimas condiciones es posible conocer y establecer estos valores ideales de referencia.

El primer componente del rendimiento, panículas por unidad de superficie, queda determinado durante la fase vegetativa. Para estimarlo se suelen realizar conteos mediante tiradas repetidas de un aro de plástico de una superficie determinada. Con una buena preparación del suelo y una correcta realización de la siembra se debe asegurar una adecuada y uniforme densidad de plántulas. Mediante las pertinentes prácticas culturales (abonado, manejo del agua, etc.) es también necesario estimular el justo grado de ahijamiento para, en definitiva, alcanzar la densidad óptima de panículas (panículas / m²). Los factores climáticos impiden, con demasiada frecuencia, conseguir ese valor deseado. De no lograrse sabremos que fue debido bien a dichos factores o bien a deficiencias en alguna práctica de cultivo; eso sí, durante la fase vegetativa, lo que acota y facilita la búsqueda de la causa.

Conseguido el número deseado de panículas, el siguiente objetivo, y segundo componente del rendimiento, es que dichas panículas alcancen el número ideal de granos, propio de la variedad. En realidad esto se consigue en dos pasos. Primeramente hay que lograr el número adecuado de espiguillas (granos potenciales) por panícula y en segundo lugar que dichas espiguillas tengan un bajo porcentaje de esterilidad (pocos granos vanos o vacíos). Todo ello tiene lugar durante la fase reproductiva. Las prácticas de cultivo y la cli-

matología, durante este período de la vida de la planta, determinarán el grado de cumplimiento de este segundo objetivo.

Finalmente, una vez logrado el número apropiado de granos a llenar, es necesario que alcancen su peso idóneo. El tercer componente del rendimiento, el peso del grano, se determina en la última fase de la vida de la planta, la de llenado y maduración del grano. Para estimar el peso medio del grano individual se suele hallar la media de una muestra de 1000 granos. Esta fase tiene también una influencia decisiva sobre la calidad del grano.

Aunque la disminución en alguno de los componentes se compensa en parte, sólo en par-

te, con pequeños incrementos de los valores de los restantes, se debe procurar que la variedad alcance sus valores óptimos para cada uno de los componentes del rendimiento a fin de lograr la máxima producción.

Así pues, existe una relación entre cada uno de los componentes del rendimiento y cada una de las fases por las que atraviesa la planta de arroz, lo que puede ayudarnos a diagnosticar cuándo se motivó una posible disminución del rendimiento e indagar sobre las causas que, durante ese preciso período, la motivaron, lo que evidencia el interés por conocer, para cada variedad, sus valores idóneos, los cuales se obtienen en años de máximo rendimiento en grano.



Clima y suelo

Clima y suelo

La luz, la temperatura, la lluvia, la humedad relativa del aire, el viento, las características físico-químicas del suelo junto con los nutrientes, el agua de riego, las malas hierbas, plagas y enfermedades, en suma el medio ambiente, son los factores que, solos o en combinación, pueden limitar el rendimiento y la calidad del grano de una determinada variedad de arroz. La propia competencia mutua, existente en el caso de excesivas densidades de plantas, sería, paradójicamente, otro factor limitativo adicional. En este capítulo examinaremos el medio físico (clima y suelo). Con el fin de facilitar la interpretación de un análisis de suelo, comentaremos sus principales parámetros. Finalmente, mencionaremos las características edafológicas más relevantes de las dos áreas arroceras andaluzas: la sevillana y la gaditana.

1.- La luz

Las plantas sintetizan los azúcares que necesitan mediante la fotosíntesis (también denominada función clorofílica), proceso que se lleva a cabo en sus partes verdes, principalmente en las hojas, merced a un pigmento denominado clorofila. La mayor parte de estos azúcares o carbohidratos acaban localizándose y almacenándose en el grano en forma de almidón. Para realizar la función clorofílica la planta necesita luz, agua y anhídrido carbónico (Fig. 2.1) así como una temperatura adecuada y diversos nutrientes. Con el fin de no limitar su crecimiento debemos procurar

que la planta se encuentre en las mejores condiciones para llevar a cabo dicha función básica. La intensidad luminosa también influye sobre otros procesos fisiológicos, como la transpiración de las hojas y la absorción radicular de agua y nutrientes, principalmente del nitrógeno.

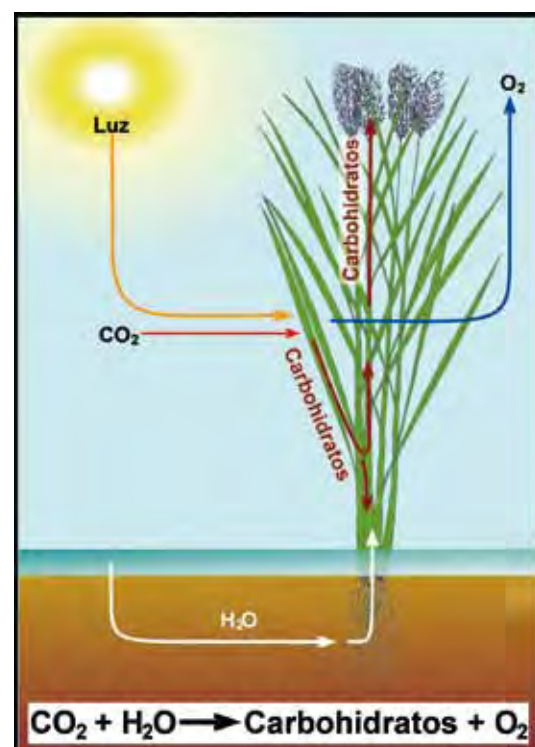


Fig. 2.1.- En la fotosíntesis la planta utiliza la energía de la luz solar para separar el oxígeno y el hidrógeno del agua. El hidrógeno se combina con el anhídrido carbónico del aire para formar carbohidratos (azúcares y almidón), que son utilizados o almacenados por la planta. El oxígeno se libera a la atmósfera.

El inicio de la germinación no precisa luz, pero tras la aparición del coleóptilo la oscuridad provoca un desmesurado alargamiento de la plántula. Posteriormente la luz contribuye, aunque menos que la temperatura, a determinar el grado de ahijamiento y la altura de la planta.

Las necesidades de luz durante las 3-4 primeras semanas (Fig. 2.2) son comparativamente bajas; sin embargo, una fuerte infectación de algas puede dificultar o incluso impedir su paso a las plántulas. Este daño por falta de luz se añade al impedimento mecánico a la emergencia que supone la capa de algas. El período de máximas necesidades de luz se extiende desde el estado fenológico de diferenciación de la panícula hasta el estado de grano pastoso. Tras el estado pastoso, habiendo alcanzado el grano su máximo contenido en materia seca, los requerimientos de luz son mínimos.

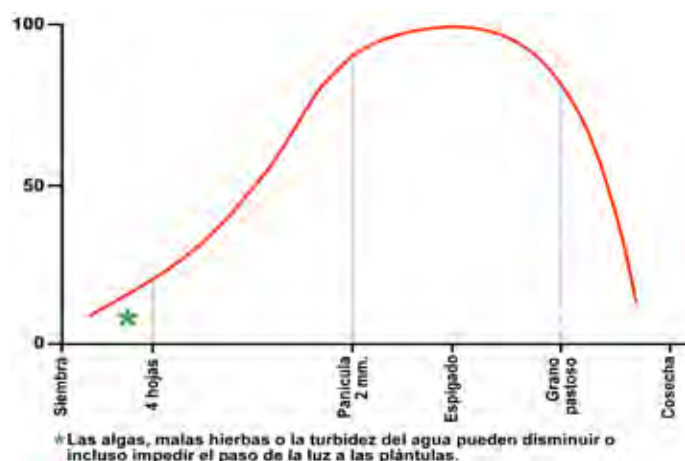


Fig. 2.2.- Valores medios de los requerimientos relativos de luz a lo largo del ciclo del arroz.

La zona arrocerá andaluza disfruta de cielos despejados durante la mayor parte del ciclo del cultivo por lo que raramente la fotosíntesis está limitada por falta de radiación solar. Sólo en años excepcionales, con cielos nubosos o cubiertos durante el período crítico, podrían verse afectados el número de granos por panícula y/o el peso de los granos.

Los mejoradores tienden a obtener un tipo de planta con hojas erectas con el fin de disminuir su sombreo mutuo. En este sentido también prefieren que la panícula esté situada por debajo de las hojas superiores. El objetivo es aumentar la eficacia fotosintética así como la aireación y sanidad

de la planta. Las plantas adquieren menos altura conforme la luz penetra más cerca de su base.

La duración del día solar, es decir, el número de horas desde la salida a la puesta del sol, define el fotoperíodo. En los trópicos la mayoría de las variedades son sensibles al fotoperíodo, necesitando pasar por días cortos (con más horas de oscuridad que de luz) para florecer. Desde esta perspectiva, el ciclo de una variedad oscila notablemente en función de su fecha de siembra. En Asia, por ejemplo, en el cultivo de arroz de "temporal" de tierras bajas, se cosecha aproximadamente en la misma fecha incluso si ha sido necesario retrasar la siembra por ausencia de lluvias. Esta flexibilidad estabiliza los rendimientos. En Andalucía, por el contrario, se siembran variedades de arroz poco sensibles o insensibles al fotoperíodo (cada variedad posee una determinada longitud de ciclo, con pequeñas desviaciones debidas mayormente a la temperatura).

2.- La temperatura

La temperatura del aire y del agua de inundación son factores claves para el desarrollo del arroz y de sus enemigos. El agua de riego influye notablemente sobre la temperatura ambiente que rodea a la planta. Modificando la altura de la lámina de agua (variando los niveles) se pueden moderar o acortar las oscilaciones de la temperatura del aire.

Cuando la temperatura desciende de cierto nivel crítico (umbral), se reduce la intensidad de procesos fisiológicos tales como la respiración, la fotosíntesis, la absorción radicular y la translocación de sustancias orgánicas hacia el grano. Del mismo modo, si la temperatura asciende y sobrepasa cierto nivel crítico los procesos fisiológicos sufren alteraciones igualmente perjudiciales para la planta. Cada etapa, o incluso cada estado fenológico, posee un intervalo de temperaturas óptimas (como hemos dicho, dos temperaturas críticas) rebasadas las cuales la planta se resiente en mayor o menor grado, según su duración. La tolerancia al calor o al frío es de naturaleza genética y por tanto un carácter varietal. Además, una variedad puede ser muy sensible en determinadas etapas de su desarrollo y, en cambio, bastante tolerante en otras.

La temperatura tiene una gran influencia sobre la germinación y el desarrollo de la plántula (Tabla 2.3). Si la temperatura del suelo, cercana a la del agua, es inferior a la del aire la radícula se desarrollará más lentamente que el coleóptilo. Lo contrario ocurre cuando dichas temperaturas se invierten. El mayor porcentaje de supervivencia de plántulas se produce cuando ambas partes, la radicular y la aérea, tienen un similar nivel de desarrollo. Cuando el agua de riego procede de pozo puede estar demasiado fría, en cuyo caso conviene hacerla esperar un tiempo, normalmente en un canal, hasta que se eleve su temperatura, antes de rebombearla para inundar la parcela. El propósito es no ralentizar y no perjudicar, por tanto, el desarrollo de la planta, especialmente en las áreas más cercanas a la entrada del agua, durante el período crítico de sus primeros estados de crecimiento.

En nuestras condiciones de cultivo es poco frecuente que las bajas temperaturas, por debajo de 9-16° C según variedades, disminuyan la inten-

sidad o duración del período de ahijamiento, siendo menos raro que temperaturas excesivamente altas causen dichos efectos.

Durante la fase reproductiva (desde la iniciación de la panícula hasta el final de la floración) las bajas temperaturas pueden causar malformaciones y elevar la tasa de esterilidad de las espiguillas, en cuyo caso, en el espigado, mostrarían glumillas de color blanco, en vez de su verde natural, con el correspondiente incremento del porcentaje de granos vacíos. En una primera etapa, durante la diferenciación de la panícula, el frío suele provocar la esterilidad de las espiguillas situadas en la parte superior de la panícula embrionaria (esterilidad apical). Sin embargo el período más sensible corresponde al estado de zurrón avanzado, cuando el collar de la hoja bandera y de la hoja bandera-1 se encuentran a la misma altura (unos diez días antes del espigado), ya que tiene lugar la formación de los granos de polen. Este daño puede ser causado por temperaturas relativamente moderadas (inferiores a 11-15° C)

Tabla 2.3.- Temperaturas óptimas y críticas en las diferentes etapas de desarrollo del arroz.

Etapa	Temperaturas óptimas	Temperaturas críticas
Germinación	Temperatura del aire 28-30° C (temperatura del agua 26-28° C)	Temperatura mínima 11-14° C; temperatura máxima 40-45° C. El agua regula o modera las oscilaciones de la temperatura del aire.
Plántula	25-32° C	Las bajas temperaturas ralentizan su crecimiento, haciéndola más vulnerable a sus enemigos, disminuyen la absorción de nutrientes (principalmente fósforo y zinc), alargan el ciclo de la planta y disminuyen su altura.
Ahijado y encañado	25-32° C	Temperaturas inferiores a 12-15° C en el estado de zurrón tardío afectan a la formación de pólen, lo que incrementa la esterilidad de las espiguillas. Previamente, en su estado de diferenciación, la panícula es algo menos sensible. El porcentaje de esterilidad se reduce elevando el nivel del agua. Temperaturas excesivas disminuyen el ahijamiento, al acortar su duración.
Floración	20-26° C	Temperaturas inferiores a 8-14° C afectan a la fecundación (incremento de granos vacíos).
Maduración	20-28° C	Después de la floración temperaturas superiores a 32-35° C, especialmente acompañadas de vientos secos, disminuyen el peso del grano (asurado).

pero prolongadas en el tiempo (5-6 horas suelen ser suficientes), reduciéndose si las temperaturas diurnas son elevadas. La persistencia de días fríos y lluviosos al inicio del espigado puede retrasar la floración. El frío también puede inducir esterilidad durante la antesis, retrasando la apertura de las flores e inhibiendo la fecundación.

El excesivo calor durante la fase de maduración puede impedir el llenado completo del grano (asurado), siendo raro, en nuestras condiciones, que temperaturas bajas (inferiores a 17-18° C) y prolongadas disminuyan su peso.



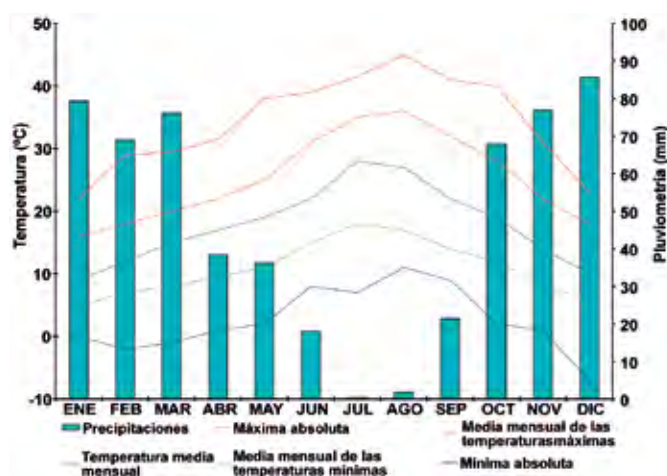
Fig. 2.4.- Daños por frío.

3.- El clima de las Marismas

En las Marismas del Guadalquivir el arroz se cultiva en un ambiente semiárido, con menos de 100 mm de lluvia a lo largo de todo su ciclo productivo. Un verano cálido y seco, con cielos despejados, propio del clima Mediterráneo, junto con un largo ciclo vegetativo, permiten una elevada actividad fotosintética y la obtención de altos rendimientos en grano.

La suma de las temperaturas medias diarias a lo largo de todo el ciclo productivo se denomina integral térmica. Normalmente los rendimientos son mayores en aquellas regiones donde se alcanzan valores más altos de este parámetro. Dentro del contexto europeo, Andalucía disfruta de unas condiciones ventajosas de temperatura y de integral térmica, siendo posible cultivar variedades

Fig. 2.5.- Temperaturas y precipitaciones en las Marismas del Guadalquivir.



de ciclo algo más largo e incluso de tipo indica, más exigentes en calor.

En la segunda quincena de abril suele alcanzarse la temperatura conveniente para la siembra pero hasta primeros de mayo se corre el riesgo de que el frío ralentice y perjudique la nascencia, obligando a resembrar. Durante los meses de julio y agosto las temperaturas medias rondan los 26-27° C, con grandes oscilaciones entre el día y la noche, siendo frecuente máximas diurnas entre 35-39° C y máximas absolutas durante la campaña de hasta 43-45° C (Fig. 2.5). Las templadas noches de verano minimizan el riesgo de daños por esterilidad que las bajas temperaturas pueden ocasionar a las espiguillas durante el encañado, aunque a veces se observan granos vacíos a consecuencia del frío, que pueden confundirse con los causados por salinidad.

A lo largo de todo el ciclo vegetativo, la evapotranspiración, que es la suma de la cantidad de agua que se evapora de la tabla más la que transpira la planta, se sitúa en torno a los 760 mm (7600 m³/ha), con pequeñas variaciones según las condiciones climáticas de la campaña. La evapotranspiración del arroz es comparable a la de otros cultivos de regadío como la alfalfa.

Las escasas lluvias tardías, aunque refrescan el ambiente, pueden provocar el encamado de la planta, sobre todo si vienen acompañadas de vientos. Además retrasan y perjudican la recolección y aumentan los gastos de secadero. El riesgo de pedrisco es bajo, presentándose de forma



Fig. 2.6.- No está sembrado en líneas, el viento y el oleaje desplazaron las semillas (J.M. García Cano).

localizada. Las mínimas pluviométricas coinciden con los meses de temperaturas más altas. La falta de precipitaciones o de agua de riego hace que el agua freática ascienda por capilaridad para evaporarse en superficie donde deposita su sal.

La humedad relativa del aire a lo largo del período de cultivo del arroz viene dada por los siguientes porcentajes medios: abril 69; mayo 65; junio 57; julio 53; agosto 55; septiembre 64; octubre 70; noviembre 77. Esta baja humedad reduce la severidad de los ataques de enfermedades, aunque a veces, la lluvia o la entrada de aire húmedo, acompañadas de temperaturas suaves, elevan la humedad relativa hasta valores cercanos al 100%, con aparición de gotas de rocío en la superficie de las hojas, condiciones idóneas para el desarrollo de hongos como piricularia.

Vientos relativamente fuertes y constantes originan "oleaje" en las tablas, desecan las plántulas que quedan al descubierto y dificultan su arraigo, causando pérdidas parciales de plántulas que son arrastradas, a la deriva, hacia las orillas, obligando a replantar o incluso a resembrar en casos extremos. El viento dominante es el de sudoeste (vulgarmente llamado "mareíta"), húmedo por su procedencia atlántica. El viento de levante, cálido y desecante, puede perjudicar el llenado del grano (asurado) pero es el mejor aliado contra la propagación de piricularia.

La temperatura y la velocidad del viento tienen una gran influencia sobre la eficacia de las aplicaciones y tratamientos terrestres y aéreos. Algunos autores americanos llegan al extremo de recomendar que las avionetas de tratamiento no vuelen bajo durante la época de floración ya que

su estela de viento puede ser causa de cierta esterilidad floral.

4.- Cambios en el suelo inundado

La inundación provoca cambios físicos, químicos y biológicos en el suelo con un marcado efecto beneficioso para el crecimiento y rendimiento del arroz. Entre las ventajas se encuentran el aumento del suministro y disponibilidad del nitrógeno (a pesar de incrementarse sus pérdidas por volatilización) y del fósforo. Igualmente es beneficiosa la variación del pH del suelo, que tiende a la neutralidad. La disminución de la solubilidad del zinc y del cobre, que puede acarrear deficiencias, junto con la emisión de gases y sustancias tóxicas, son las principales desventajas. Dichos cambios son debidos, básicamente, a procesos de oxidación-reducción desencadenados por el desalojo y agotamiento del oxígeno molecular y en los que desempeñan un papel fundamental los microorganismos del suelo, tanto los que necesitan el oxígeno del aire para su respiración, llamados aeróbicos, como los que pueden prosperar en ausencia de dicho oxígeno libre, denominados anaeróbicos.

Con la inundación los poros se saturan de agua, el suelo se hincha y los terrones se ablandan y desbaratan. Se destruye completamente su estructura, interrumpiéndose su natural intercambio de gases con la atmósfera. En un suelo bien drenado existe suficiente oxígeno disponible, procedente del aire, para satisfacer las necesidades de las plantas y de los microorganismos. A las pocas horas de la inundación el contenido de oxígeno es cercano a cero. Pero esta restricción a

la difusión del oxígeno no ocurre uniformemente en todo el perfil del suelo ya que el contenido de oxígeno continúa siendo relativamente alto en una delgada capa, de 1-2 mm de espesor, situada en la parte superficial del suelo, en contacto con la capa de agua. Esto es debido a que en el agua de inundación se encuentra disuelta una pequeña cantidad de oxígeno procedente del aire, de algunas plantas y de numerosos microorganismos que realizan la fotosíntesis en su seno. Dicho contenido disminuye al aumentar la temperatura.

Una vez traspasada esta fina capa superficial el oxígeno libre disminuye drásticamente y a los pocos milímetros de profundidad es prácticamente inexistente (Fig. 2.7). En terreno inundado, la profundidad de penetración del oxígeno, y por tanto el espesor de la capa aeróbica, dependen básicamente de la cantidad suministrada por el agua de inundación y de la demanda biológica de microorganismos y plantas.

El arroz puede aprovecharse de los beneficios químicos de la inundación porque, a partir de su estado de tres hojas, las raíces pueden recibir el oxígeno desde las hojas, a través de unos vasos o tubos conductores especiales existentes en su tallo. Este oxígeno es necesario para la respiración de los tejidos radiculares. Una pequeña parte sobrante sale de las raíces y se difunde exclusivamente entre las partículas circundantes de tierra. El grosor de esta fina película o canaliculos de tierra que envuelven a las raíces no supera los dos milímetros. A esta limitada zona de influencia radicular la denominaremos rizosfera.

Los suelos inundados desarrollan, por tanto, dos capas. La superior, de apenas unos milímetros, absorbe oxígeno del agua y tiene un comportamiento similar al de los suelos secos. La rizosfera comparte estas características. El oxígeno hace posible los procesos bioquímicos de oxidación. En esta capa y en la rizosfera actúan los microorganismos aeróbicos y los nutrientes se encuentran en su forma oxidada. Por ejemplo, el nitrógeno se encuentra en forma de nitrato (NO_3^-) y el azufre en forma de sulfato (SO_4^{2-}). El hierro se encuentra como óxido férrico, es decir, en su forma oxidada o férrica (Fe^{3+}), lo que da a esta capa una coloración café.

La capa inferior adquiere un color más oscuro debido a que el óxido férrico se ha convertido

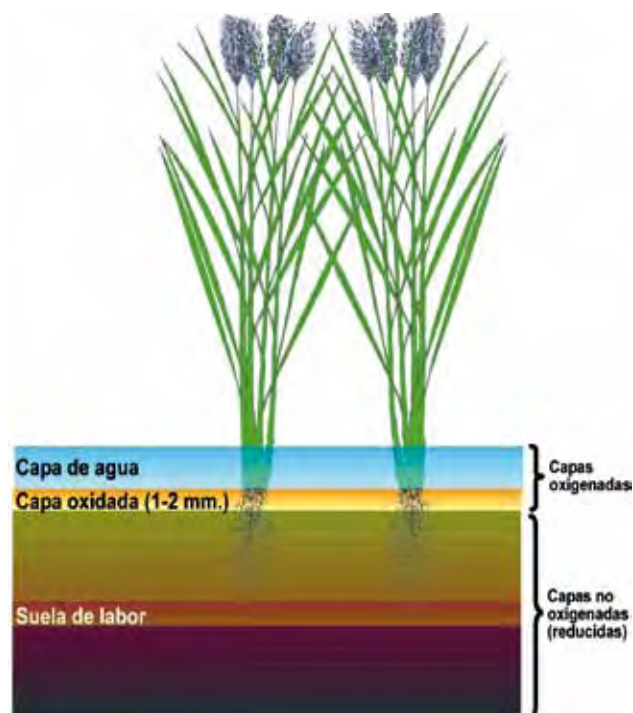


Fig. 2.7.- Zonas aeróbicas y anaeróbicas del arrozal.

en hidróxido ferroso y sulfuro ferroso, pasando de su forma oxidada o férrica a su forma reducida o ferrosa (Fe^{2+}). En esta capa, a las pocas horas de la inundación, los organismos aeróbicos han consumido el oxígeno libre y son sustituidos por los anaeróbicos, principalmente bacterias, que llevan a cabo la fermentación (respiración anaeróbica) de los carbohidratos y de las proteínas. Como resultado de la fermentación de los carbohidratos se producen ácidos orgánicos y se emiten gases como el anhídrido carbónico (CO_2), hidrógeno (H_2), y metano (CH_4). De la fermentación de las proteínas se desprenden amoníaco (NH_3) y ácido sulfídrico (SH_2). Los productos de estas fermentaciones pueden acumularse y llegar a ser tóxicos para el arroz. La reducción es el proceso bioquímico contrario a la oxidación, desencadenado por la ausencia de oxígeno libre. En la capa inferior los diversos elementos minerales se encuentran en su forma reducida. El nitrógeno, por ejemplo, está en su forma amónica (NH_4^+) o en forma elemental (N_2), y el azufre se encuentra como ácido sulfídrico.

El potencial redox es la medida más precisa para conocer el estado de oxidación o reducción de las diferentes capas del suelo. Valores altos y positivos indican condiciones de oxidación. Cuanto más negativos sean dichos valores, mayores

serán las condiciones de reducción. Los suelos secos suelen tener potenciales de al menos +400 mV (milivoltios), mientras que los suelos inundados bajan hasta -300 mV si los procesos de reducción son bastante intensos. El potencial redox de un suelo viene determinado por el grado de oxidación o reducción de los sistemas que lo integran, incluyendo básicamente el oxígeno, nitrato, nitrito, manganeso, hierro y azufre. El oxígeno libre mantiene dicho sistema (química y biológicamente) en sus formas oxidadas. De ahí el valor positivo que se le asigna al potencial redox en los suelos oxigenados o aireados.

En ausencia de oxígeno libre o molecular y a fin de satisfacer sus necesidades respiratorias (fermentaciones), los microorganismos anaeróbicos se ven obligados a utilizar el oxígeno, no molecular, contenido en diversos compuestos químicos, reduciéndolos. En primer lugar, con valores de potencial redox no muy bajos, utilizan el oxígeno de los nitratos y de los nitritos, reduciéndolos a óxido nitroso (N_2O) y a nitrógeno elemental (N_2), y el oxígeno del dióxido de manganeso, al que reducen a óxido manganesoso. Posteriormente reducen el hierro, como sabemos, de férrico a ferroso ($Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$). En condiciones altamente reductoras los microorganismos anaeróbicos utilizan el oxígeno de los sulfatos reduciéndolos a ácido sulfídrico, que en altas concentraciones es fitotóxico.

Tras la inundación un suelo se reduce, disminuyendo su potencial redox. En la delgada capa superficial y en la rizosfera el suelo permanece oxidado, con valores altos de dicho potencial.

A los pocos días de la inundación tanto los suelos básicos como los ácidos tienden a estabilizar su pH, situándolo más cerca de la neutralidad (pH=7). Los suelos de las Marismas del Guadalquivir, cuando están secos, poseen, en general, un pH básico situado entre 7.9-8.3. Al ser inundados desciende a alrededor de 7.6 -7.9. Esta disminución del pH, que está regulada por la cantidad de anhídrido carbónico y de ácidos producidos por la descomposición o fermentación de la materia orgánica, aumenta la solubilidad de los principales nutrientes.

5.- Toxicidad por gases y ácidos orgánicos. Toxicidad por sulfídrico

La descomposición o fermentación de la materia orgánica en un terreno inundado produce sustancias tóxicas que pueden perjudicar a la planta. El origen de la materia orgánica puede estar en los restos vegetales o en las basuras, recientemente incorporados, o acumulados en años anteriores, preferentemente en zonas bajas. Dicha fermentación produce ácidos orgánicos (láctico, acético, butírico, etc.) a veces reconocibles por sus olores característicos. Estos ácidos posteriormente se descomponen en diversos gases, también tóxicos, como el anhídrido carbónico y el metano. El tipo y severidad del daño dependerá del estado de crecimiento de la planta y de la concentración de la toxina.

Los daños causados por estos ácidos y gases tóxicos aparecen muy pronto, desde plántula a principios de ahijado, en zonas donde la materia orgánica no se descompuso adecuadamente antes de la inundación del campo. La existencia de gases tóxicos es a menudo detectada por la presencia de burbujas que ascienden a la superficie del agua cuando se remueve el fondo. Los ácidos orgánicos dañan las raíces, reduciendo la absorción de agua y nutrientes necesarios para el desarrollo de la plántula, lo que retrasa su crecimiento. Las raíces afectadas tienden a ser cortas y gruesas, con menos pelos radiculares que las raíces sanas, volviéndose de color marrón conforme mueren. Las hojas suelen adquirir un color verde oscuro para luego, rápidamente, amarillear desde la punta y los márgenes hacia el centro. Los daños pueden limitarse a un retraso en el crecimiento de la planta o llegar a causar su muerte, provocando la aparición de rodales sin plantas precisamente donde los restos de materia orgánica permanecen sin descomponer.

Para controlar esta enfermedad abiótica, denominada *Akegare*, es necesario drenar el campo inmediatamente ya que la oxigenación del terreno detiene los procesos fermentativos. Suele ser necesaria una seca de una o dos semanas de duración. Esto acarrea una pérdida de nitrógeno por volatilización que hace aconsejable llevar a cabo un análisis foliar para determinar si es necesaria una fertilización adicional. En los terrenos propensos a este tipo de toxicidad no deben incor-

porarse basuras y otros residuos orgánicos y debe evitarse la aplicación de fertilizantes que contengan azufre.

Es conveniente distinguir entre los daños causados por estos gases y ácidos orgánicos de los provocados por el ácido sulfhídrico.

Los síntomas de toxicidad por ácido sulfhídrico aparecen en la planta al final del ahijado, incrementándose su severidad conforme la planta madura. Por esta razón los japoneses llaman a esta enfermedad *Akiochi* (declive otoñal). La planta presenta un color y crecimiento normales durante las primeras etapas de su desarrollo. El primer síntoma se aprecia en las raíces, que cambian su color blanco por marrón claro o negro. Este color es debido a una capa de sulfuro de hierro que inicialmente las recubre, aunque posteriormente la raíz entera se ennegrece. Los márgenes de las hojas presentan manchas grisáceas, distribuidas irregularmente. Poco después las hojas se enrollan, adquiriendo un color marrón que comienza desde el ápice. En estado avanzado de intoxicación las plantas presentan síntomas de sequía y panículas estériles, emitiendo el terreno un olor similar al de huevos podridos. Al igual que en Ake-



Fig. 2.8.- Fitotoxicidad por sulfhídrico (*Akiochi*)

gare los daños aparecen por rodales, reflejando diferencias en cuanto a tipo de suelo, contenido de materia orgánica, profundidad y grado de estancamiento del agua de inundación y otras condiciones medioambientales.

Las principales transformaciones del azufre en los suelos inundados son la reducción de sulfatos a sulfuros y la conversión del azufre orgánico en ácido sulfhídrico. El sulfhídrico puede reaccionar con diversos iones de metales pesados existentes en la solución del suelo (Fe^{2+} , Zn^{2+} ,

Cu^{2+}) dando lugar a sulfuros más o menos insolubles, lo que disminuye la disponibilidad de dichos micronutrientes.

La precipitación del ion sulfato (SO_4^{2-}) en forma de sulfuro ferroso, muy insoluble, antes de que pueda reducirse y pasar a sulfhídrico, protege a las plantas y a los microorganismos del efecto tóxico de este ácido. En suelos arenosos, normalmente escasos en hierro, y estercolados, donde el hierro queda fijado e inactivado en la materia orgánica, no es posible la formación de sulfuro ferroso, incrementándose las posibilidades de fitotoxicidad por sulfhídrico.

Los daños causados por el ácido sulfhídrico son más frecuentes en suelos de textura ligera y con alto contenido en materia orgánica y en sulfatos solubles. La concentración de ácido sulfhídrico es normalmente mucho más baja en los suelos arcillosos, que son menos frecuentemente afectados por esta toxicidad, debido a su alto contenido de hierro disponible que reacciona con el ácido sulfhídrico para formar sulfuros de hierro insolubles y, por tanto, no tóxicos para la planta.

Las prácticas de cultivo aconsejables para controlar *Akiochi* son similares a las ya indicadas para *Akegare*. Es conveniente conocer las causas que provocan ambos daños abióticos y saber distinguir sus síntomas de los causados por enfermedades.

6.- Transformaciones del Nitrógeno

La inundación provoca un incremento del suministro y disponibilidad del nitrógeno, la inestabilidad de los nitratos y la acumulación de nitrógeno en forma amónica. Ningún otro nutriente está sometido a tantos procesos o transformaciones químicas, en su mayoría llevados a cabo por los microorganismos del suelo.

El nitrógeno del suelo se encuentra principalmente formando parte de la materia orgánica. Sólo una pequeña cantidad está presente en forma inorgánica. Las raíces de la planta absorben el nitrógeno solamente en forma inorgánica, bien en forma de nitrato o nítrica (NO_3^-) o bien en forma amónica (NH_4^+).

Anualmente apenas un 2-4% de la materia orgánica se transforma en inorgánica, mediante el proceso denominado descomposición o mineralización. Primeramente el nitrógeno orgánico pasa

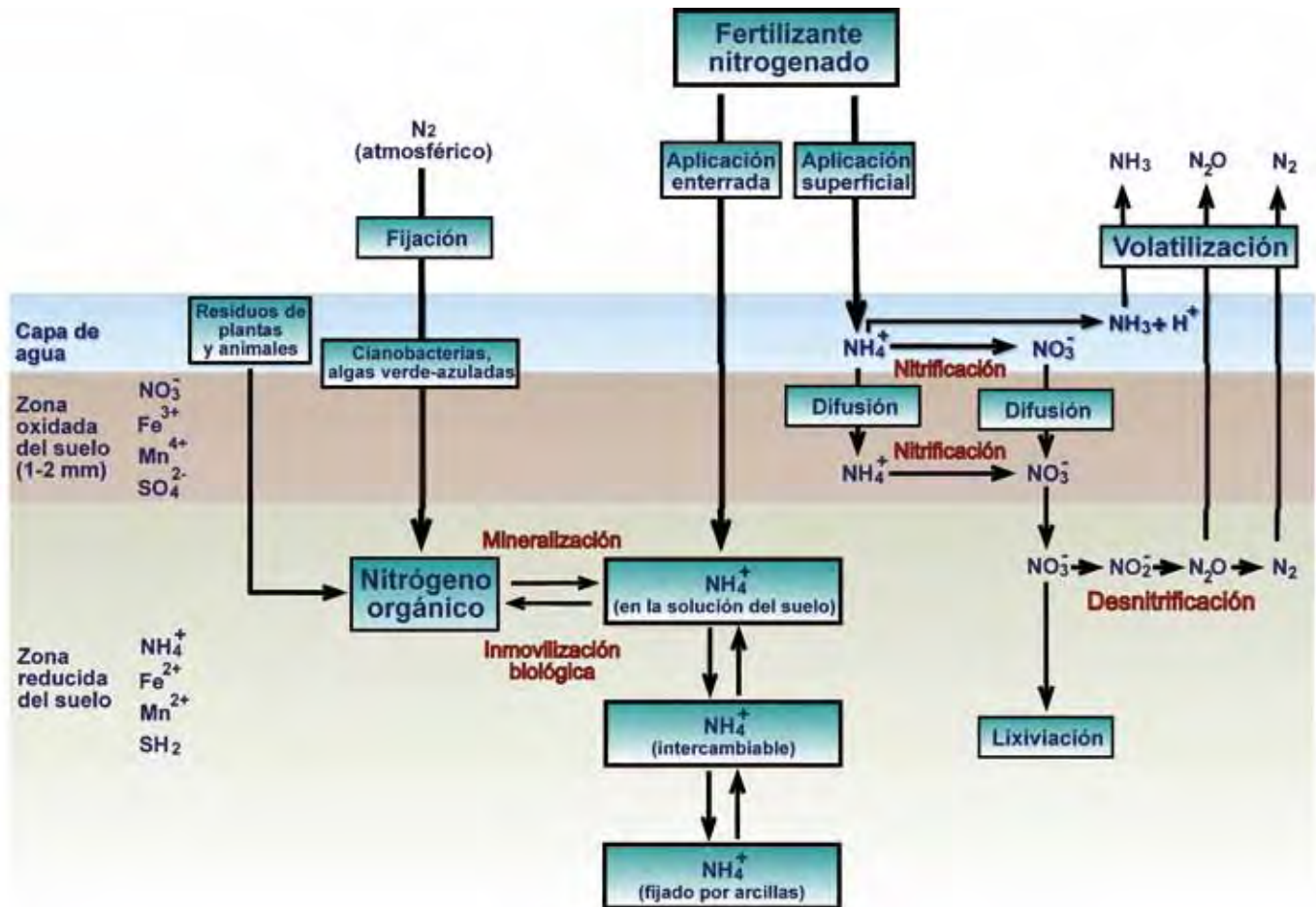


Fig. 2.9.- Transformaciones del nitrógeno en el suelo del arrozal

a nitrógeno en forma amónica (amonificación). Posteriormente, si hay oxígeno libre (O_2), el nitrógeno amónico se transforma en nítrico mediante oxidaciones sucesivas reguladas por las bacterias *Nitrosomonas* y *Nitrobacter* (Fig. 2.9). En un suelo seco el nitrógeno mineral está presente tanto en forma nítrica como en forma amónica.

En un suelo inundado la ausencia de oxígeno hace que la mineralización se detenga en la forma amónica, que es la forma estable en condiciones reducidas. Las únicas zonas donde la forma nítrica (es decir los nitratos) es estable son la delgada capa aeróbica superior del suelo y la rizosfera. Los nitratos pueden difundirse a la capa inferior del suelo donde sufren la desnitrificación, que es el paso de nitrógeno nítrico a nitrógeno gaseoso (N_2), el cual se pierde por volatilización. Los nitratos también pueden perderse por infiltración profunda en el suelo. Estas pérdidas por desnitrificación y percolación pueden ser superiores al 50% dependiendo de las características físico-químicas del suelo.

El nitrógeno amónico (NH_4^+) aplicado a suelos inundados (por ejemplo en forma de sulfa-

to amónico o como resultado de la hidrólisis de la urea) así como el procedente de la mineralización de la materia orgánica se mueve en la solución del suelo donde rápidamente es absorbido (adherido eléctricamente en la superficie de las partículas de arcilla y de humus)

Una pequeña cantidad de NH_4^+ queda disuelta en la solución del suelo y el resto se encuentra absorbido en el complejo arcillo-húmico. Juntas forman la fracción de nitrógeno fácilmente disponible para la planta. Existe un fácil intercambio entre el NH_4^+ de la solución del suelo y el absorbido en el complejo. Así por ejemplo, una disminución de la concentración de NH_4^+ en la solución del suelo se vería compensada por una rápida liberación de este catión por parte del complejo, que por esta razón se denomina complejo de cambio.

En el complejo se encuentran adsorbidos numerosos cationes, como NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , H^+ , etc. Cuando la concentración de dichos cationes es elevada se dice que el suelo posee una alta capacidad de intercambio catiónico (CIC), que suele ser síntoma de fertilidad salvo cuando la proporción de Na^+ y H^+ sea muy elevada, en cuyo

caso nos encontraremos ante suelos alcalinos y ácidos respectivamente. Si el porcentaje de Na^+ intercambiable es superior a 15 los suelos se consideran alcalinos (sódicos). Cuando el contenido de H^+ con relación al del resto de los cationes es alto se dice que el complejo de cambio posee un bajo porcentaje de saturación de bases.

Para conocer el balance del nitrógeno en el suelo es conveniente analizar las distintas fuentes de suministro, las extracciones y las pérdidas (Fig. 2.10).

El nitrógeno puede llegar al suelo de cinco maneras diferentes: mineralización de la materia orgánica; aporte de fertilizantes; fijación biológica y posterior mineralización; disuelto en el agua de riego; y arrastrado por la lluvia.

Casi dos tercios del nitrógeno que absorbe la planta provienen de la mineralización de la materia orgánica. La disponibilidad de nitrógeno en los suelos inundados aumenta con el contenido en

materia orgánica, el incremento de la temperatura y la duración de su desecación previa. La “seca” acelera la mineralización y activa el enraizamiento, a causa de la oxigenación del suelo. Sin embargo, la frecuente alternancia seca-inundación provoca importantes pérdidas de nitrógeno en forma de gas amoníaco, como analizaremos más adelante.

Los fertilizantes minerales pueden aportar el nitrógeno básicamente de tres formas: nítrica (aplicando nitratos), amónica (aplicando urea, sulfato amónico, etc.) y mixta (aplicando, por ejemplo, nitrato amónico, que tiene un comportamiento intermedio). Aunque la mayor parte del nitrógeno extraído por la planta tiene un origen orgánico, la aplicación de abonos minerales nitrogenados (como veremos en el próximo capítulo) es fundamental para la obtención de altos rendimientos.

En algunas zonas tropicales de Asia se cultiva el arroz con bajas dosis de abonado nitrogenado, manteniéndose rendimientos aceptables,

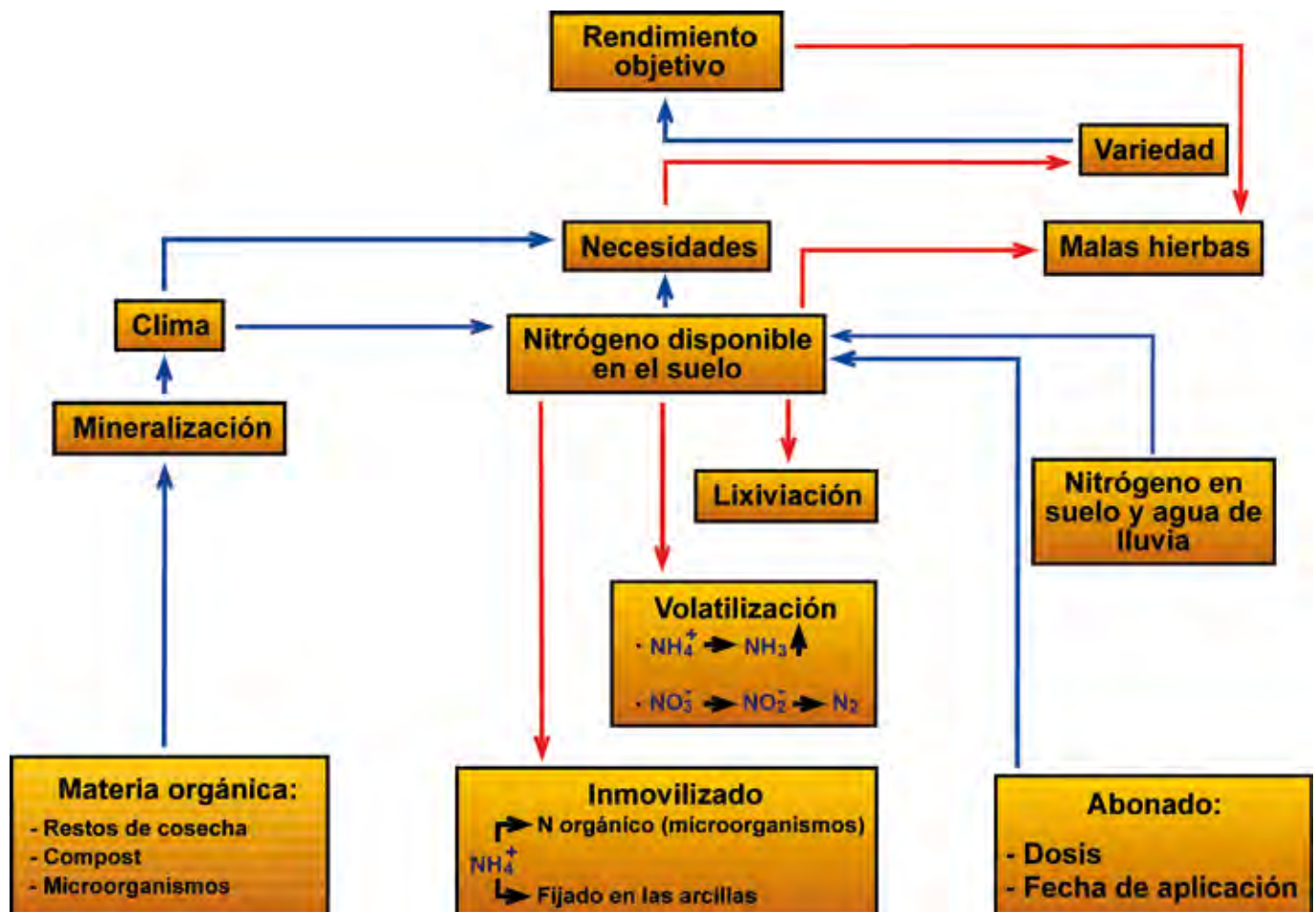


Fig. 2.10.- Balance del nitrógeno en el arrozal

debido en parte a la fijación biológica. En el arrozal existen diversos organismos fijadores de nitrógeno cuya densidad de población depende fundamentalmente del contenido de materia orgánica, del pH, de la temperatura y del fósforo disponible en el suelo. Algunos géneros de algas verde-azuladas y sobre todo de bacterias cianofíceas pueden contribuir a mantener la fertilidad del terreno. Dichas bacterias, que se desarrollan en las inmediaciones de la zona radicular, aunque son de carácter no simbiótico (no asociadas a la planta), pueden llegar a fijar cantidades cercanas a 60 kg/ha de nitrógeno por año; sin embargo su capacidad fijadora disminuye (se inhibe) conforme aumentamos la dosis de abonado nitrogenado. Las cianobacterias se desarrollan en junio-julio, de forma que para el inicio del ahijamiento la planta ya puede absorber nitrógeno de origen bacteriano.

Sin embargo, en nuestra opinión, la aplicación de inoculantes bacterianos en Andalucía no tiene influencia significativa en el rendimiento y la calidad del grano de arroz, ni en el control de enfermedades como piricularia. De hecho, dicha técnica de inoculación no se utiliza en países y regiones con condiciones edafo-climáticas y de cultivo similares a las nuestras (Italia, Francia, Grecia, Portugal, Australia, California, etc.)

La azolla es un helecho que vive asociado (en simbiosis) con un alga verde-azulada denominada *Anabaena azollae*, la cual fija nitrógeno durante todo el ciclo del helecho. En algunas zonas tropicales, sobre todo asiáticas, el agricultor utiliza diversas especies de azolla que pueden llegar a aportar, en el mejor de los casos, hasta 80-90 Kg de nitrógeno por campaña. Su temperatura óptima de crecimiento se encuentra alrededor de 20-22° C, muriendo cuando desciende de los 7° C o supera los 42° C.

El agua de riego, según su procedencia, además de algo de materia orgánica en suspensión, puede llevar disueltas cantidades notables de nitrógeno mineral, mayormente nitratos y nitritos, pudiendo llegar a aportar hasta 60 kg/ha de nitrógeno a lo largo de la campaña. La lluvia arrastra diversos compuestos nitrogenados originados por la acción de los rayos o simplemente contaminantes atmosféricos, que se estiman en 5 -14 kg N/ha y año.

Existen diversos mecanismos de extracción de nitrógeno de la solución del suelo. El más importante es la absorción radicular realizada por el arroz y las malas hierbas.

Los microorganismos del suelo también utilizan o asimilan el nitrógeno soluble mediante un proceso denominado inmovilización biológica. Tras su muerte dicho nitrógeno será devuelto a la solución del suelo previa mineralización de su materia orgánica. Parece ser que los microorganismos anaeróbicos, por tener un metabolismo menos eficiente, necesitan menos nitrógeno que los aeróbicos. En este sentido, el requerimiento de nitrógeno para la descomposición de la paja en terreno inundado sería inferior al correspondiente a terreno seco.

El nitrógeno en forma amónica también puede quedar atrapado, o mejor dicho fijado, entre las capas existentes en cada partícula de arcilla. En este caso la inmovilización sería de tipo químico. Su cuantía depende del tipo de arcilla y, sobre todo, del estado del suelo. Al secarse el terreno aumenta la tasa de inmovilización pero, con la inundación, parte del nitrógeno vuelve a estar disponible en la solución del suelo.

Tanto la inmovilización biológica como la química hacen que el nitrógeno esté indisponible temporalmente. Sin embargo, no son mecanismos de pérdida de nitrógeno.

A pesar de que la materia orgánica se mineraliza a una velocidad más lenta en los suelos inundados, la cantidad de nitrógeno disponible para la planta es mayor porque se inmoviliza menos, se aporta más con el agua de riego y se pierde menos por percolación.

Las pérdidas de nitrógeno en un suelo inundado son debidas a cuatro causas: percolación; arrastre superficial; nitrificación-desnitrificación; y volatilización del amoniaco. La percolación (infiltración profunda) es elevada en suelos de textura ligera y de baja CIC. Los suelos arcillosos o arcillo-limosos suelen ser impermeables, además de tener una alta CIC, siendo despreciables las pérdidas por percolación, permaneciendo la mayoría del nitrógeno en los primeros 20 cm.

El arrastre superficial o lateral de nitrógeno puede llegar al 10-15% en caso de no incorporarse el abono, que abandona la parcela disuelto en el agua de riego.

Por nitrificación ya hemos visto que el nitrógeno amónico pasa a nítrico en la capa superficial o aeróbica del suelo. La nitrificación en sí no es una pérdida, pero mediante la desnitrificación posterior, que se lleva a cabo en la capa anaeróbica, el nitrógeno nítrico pasa a nitrógeno gaseoso que asciende a la superficie del suelo y se pierde en la atmósfera. Para evitarlo es conveniente incorporar el abono, a unos 6-8 cm, lo que imposibilita su nitrificación, quedando la forma amónica estable y disponible para la planta. Por ello la alternancia frecuente de seca-inundación incrementa las pérdidas de nitrógeno. El abonado de cobertera está expuesto a importantes pérdidas por nitrificación-desnitrificación si se aplica antes de que la planta alcance un buen desarrollo radicular, que suele demorarse de 5 a 8 semanas. La nitrificación se acrecienta en suelos de alto contenido en materia orgánica, con pH cercano a la neutralidad y con las altas temperaturas, debido al aumento de la actividad microbiana.

La pérdida de nitrógeno más cuantiosa y frecuente es debida al paso de la forma amónica a gas amoniacal, que se volatiliza. Cuando se aplica en superficie, la urea se hidroliza formándose carbonato amónico, el cual se descompone produciendo amoniacal. Con el sulfato amónico las pérdidas son algo menores pero también es obligada su incorporación. La volatilización del amoniacal se acrecienta en suelos alcalinos, de baja CIC, con las altas temperaturas y con las infecciones de algas, pero especialmente con la no incorporación de los abonos amoniacales. Es conveniente que transcurra poco tiempo entre el abonado y la inundación inicial de la tabla de arroz.

Parece ser que la planta aprovecha un 30-35% del nitrógeno aplicado con los abonos, un 20% queda temporalmente inmovilizado y el 45-50% restante se pierde. En los trópicos casi todo el nitrógeno procedente de la mineralización de la materia orgánica aparece en las primeras seis semanas del cultivo. En nuestras condiciones una parte apreciable continúa mineralizándose hasta fechas más tardías.

7.- Transformaciones del fósforo

Poco más de la mitad del fósforo del suelo se encuentra en forma orgánica, la cual no es directamente disponible para la planta. Su tasa

de mineralización alcanza apenas un 3% anual. El fósforo orgánico no es tan importante como el nitrógeno orgánico en la nutrición del arroz.

Suelos que en condiciones de secano requieren la aplicación de abonado fosfórico para la obtención de buenas cosechas, cuando son saturados de agua suministran suficiente fósforo para ahorrar su fertilización. Esto no significa que el arroz extraiga del suelo menos cantidad de fósforo que otros cereales ni, por supuesto, que no sea conveniente abonar el arrozal de suelos pobres en este nutriente sino, simplemente, que la inundación incrementa su solubilidad o disponibilidad. La reducción del fosfato férrico a ferroso, más soluble, y, en menor grado, la hidrólisis de los fosfatos de aluminio, hierro y calcio, son los responsables de este mayor grado de solubilidad. Con el secado del terreno se aumenta la insolubilidad del fósforo ya que por oxidación su forma ferrosa pasa a férrica, mucho menos soluble. Incorporar el abono en la capa reducida del suelo resultará en menor insolubilización. El abono fosfórico es rápidamente insolubilizado cuando se alternan los períodos de seca e inundación.

El fósforo está presente en el suelo en cinco formas distintas: disuelto; adsorbido en la superficie de las partículas de arcillas y humus; orgánica; precipitado como fosfatos más o menos solubles; y en forma de fosfatos insolubles (Fig. 2.11).

El fósforo disuelto en la solución del suelo representa sólo una parte muy pequeña del total. Se encuentra en forma de fosfatos y está disponible de manera instantánea. Si la planta lo absorbe es repuesto rápidamente por la fracción intercambiable del complejo.

El fósforo adsorbido en el complejo arcillo-húmico es la reserva o fracción intercambiable. Los iones fosfatos se desprenden fácilmente del complejo arcillo-húmico con el fin de compensar las extracciones de la solución del suelo llevadas a cabo por las raíces en la planta. Los suelos bien provistos de arcillas y humus y cuyo pH se acerca a la neutralidad suelen ser ricos en fósforo intercambiable que asegura una alta disponibilidad de este elemento.

El fósforo orgánico se encuentra formando parte de la materia orgánica y de los microorganismos del suelo. Se pone a disposición de la planta a medida que la materia orgánica se mineraliza.

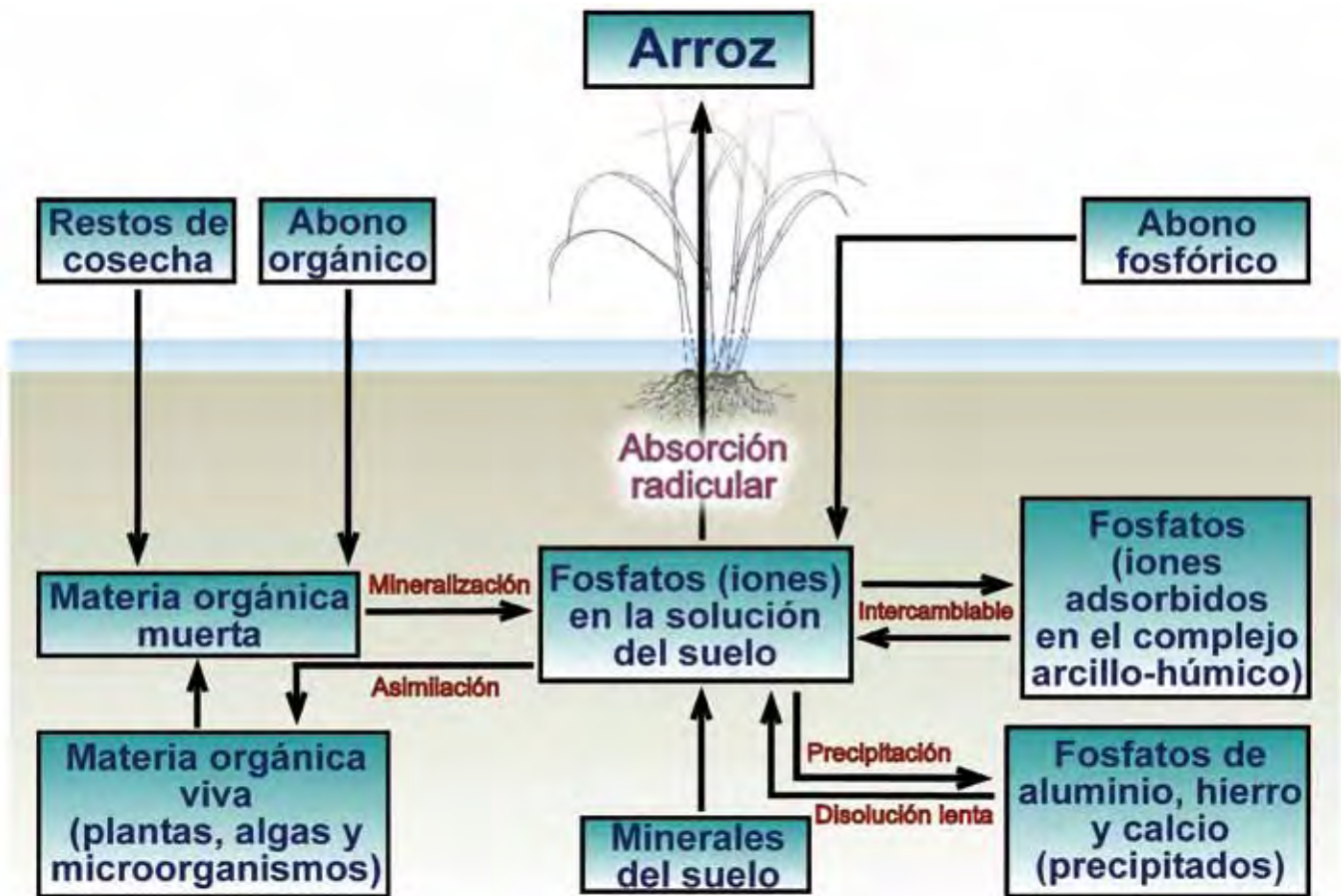


Fig. 2.11.- Dinámica del fósforo en el suelo del arrozal.

El fósforo precipitado como fosfatos más o menos solubles, de calcio y de hierro principalmente, se pone lentamente a disposición de la planta. La inundación incrementa su solubilidad, ya que, como sabemos, en medio reductor el fosfato férrico insoluble pasa a fosfato ferroso, más soluble.

Existe una última fracción de fósforo sólo disponible para la planta a muy largo plazo. Se trata del fósforo integrante de diversos minerales del suelo. Su liberación está subordinada a la meteorización.

8.- Transformaciones del potasio y otros nutrientes

El potasio es mucho menos afectado que el nitrógeno y el fósforo por la inundación, ya que no está sujeto a los procesos de reducción. En este sentido, la fertilización del arroz diferiría poco de las de otros cereales de secano. Los suelos arcillosos son muy ricos en potasio, siendo muy rara la necesidad de su aplicación.

El potasio se encuentra en el suelo de cuatro formas diferentes: soluble; intercambiable; en forma intermedia; mineral o inerte. El potasio soluble se encuentra en la solución del suelo, de donde puede ser directamente absorbido por las raíces de la planta. El potasio intercambiable se encuentra absorbido, eléctricamente, en la superficie de las partículas de arcilla y de humus, en forma de catión (K^+), siendo fácilmente intercambiable por otros cationes de la solución del suelo, e incluso absorbido directamente por las raíces. La suma del potasio soluble y el potasio intercambiable se denomina potasio disponible, y representa el 1-2% del total del potasio existente en el suelo.

La forma que hemos llamado intermedia se encuentra en equilibrio dinámico con las formas disponibles, actuando como una reserva de potasio lentamente disponible para la planta. Nos referimos al potasio retenido entre las láminas o capas de las partículas de arcilla, cuya solubilidad aumenta ligeramente en condiciones de inundación. También se incluye, como forma intermedia, el potasio integrante de la materia orgánica, que

tras mineralizarse proveerá de potasio a la solución del suelo. La forma intermedia es, pues, una reserva de potasio lentamente movilizable.

El potasio mineral o inerte forma parte de minerales primarios que lo liberarán muy lentamente, tras previa meteorización. Se trata de una reserva inmovilizada y sólo disponible a muy largo plazo.

La inundación del suelo tiene un efecto diferente sobre la solubilidad y disponibilidad de los distintos elementos secundarios y micronutrientes. Los cambios químicos asociados a la inundación afectan muy poco al calcio y al magnesio; en cambio el hierro, el azufre y el zinc modifican sensiblemente su comportamiento. El azufre y el calcio son frecuentemente aplicados al suelo como parte de los fertilizantes. Además, sólo pequeñas cantidades de ambos elementos son extraídas por el grano, permaneciendo la mayor parte en la paja y por tanto en el terreno.

En suelos inundados, el azufre integrante de la materia orgánica se reduce a ácido sulfhídrico, que puede reaccionar con diversos iones metálicos (hierro, zinc, cobre) dando lugar a sulfuros insolubles que disminuyen la disponibilidad de dichos elementos, provocando deficiencias o carencias. La reducción del sulfato en terreno inundado puede provocar deficiencias de azufre; no obstante, en la superficie de la raíz, la planta es capaz de oxidar el azufre y absorberlo como sulfato. La inundación disminuye la disponibilidad del zinc y del cobre, aumenta la de silicio, manganeso y molibdeno y mantiene constante la del boro. Los síntomas de deficiencias de zinc suelen aparecer, en estado de plántula, en suelos con pH elevado. Su incidencia es mayor en suelos calcáreos o donde su capa superficial ha sido retirada. También es frecuente en algunos suelos con alto contenido en materia orgánica. Las causas y corrección de las deficiencias en este microelemento serán examinadas de forma más precisa al hablar de abonado.

Conocer las transformaciones químicas de los suelos inundados puede mejorar nuestras decisiones sobre laboreo, abonado y riego.

9.- Análisis de suelo

Dada su importancia agronómica, es conveniente conocer las propiedades o características del suelo, debiéndose llevar a cabo, periódicamente, los correspondientes análisis (obligatorios en producción integrada). Para la toma de muestras es imprescindible seguir las instrucciones del laboratorio elegido, con relación a su fecha de realización, estado de humedad del suelo, número y profundidad de las capas de suelo (horizontes) a analizar (suele ser sólo una, de 20-25 cm, por muestra), volumen y número de muestras, puntos e itinerario de muestreo en la parcela, forma de envío al laboratorio, etc. La barrena es el dispositivo más utilizado para efectuar los pequeños hoyos (calicatas) en el terreno, aunque también podemos emplear la pala escocesa e incluso otras herramientas más sencillas y comunes. La profundidad "efectiva" (útil) define el grosor de la capa de suelo explorada por las raíces, que en nuestras condiciones no suele sobrepasar los 25-30 cm, debido a diversas limitaciones físicas y químicas. Con el fin de facilitar la interpretación de los análisis de suelo debemos hacer algunas consideraciones sobre sus propiedades físicas y químicas.

Entre las propiedades físicas destaca la textura, que nos informa sobre la distribución de tamaño de partícula en el suelo. Según su tamaño, las partículas se denominan arena (0.05-2 mm.), limo (0.002-0.05 mm.) y arcilla (< 0.002 mm.). Para clasificar un suelo, con relación a este parámetro, se suele utilizar el triángulo de texturas del Departamento de Agricultura de EEUU. Los suelos con alto porcentaje de partículas gruesas suelen ser más permeables (mas "porosos" y con mayor velocidad de infiltración del agua) y menos fértiles (con menor capacidad de intercambio catiónico). Otra propiedad física del suelo es su estructura, que nos revela el grado y forma de agregación de las partículas sólidas que lo integran. Aunque con menor importancia que en los cultivos no inundados, es conveniente que los suelos arroceros dispongan de una cierta estabilidad estructural, la cual incrementa la aireación del terreno (durante su período en seco), facilita las labores preparatorias de la siembra y disminuye la probabilidad de formación de "costra superficial" durante la etapa de germinación del grano. La materia orgánica, el porcentaje de arcilla y un bajo contenido en sodio

(que tiene un efecto dispersante de las partículas) favorecen la estructura del suelo.

Entre las propiedades químicas destacaremos la capacidad de intercambio catiónica (CIC), la composición del complejo de cambio, la salinidad, la alcalinidad (sodicidad), la materia orgánica, el pH y la caliza activa.

Ya comentamos la importancia agronómica de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y del porcentaje de saturación de bases (al tratar de las transformaciones del nitrógeno) y sólo añadiremos que el ión calcio (Ca^{++}) debe ser el predominante en el complejo de cambio arcillo-húmico, y que cada uno de los cationes que intervienen en la nutrición de la planta debe estar, por supuesto, en cantidades adecuadas pero no excesivas, con el fin de evitar problemas de antagonismo entre ellos.

Las plantas absorben el agua (y las sales en ella disueltas) de la solución del suelo, la cual será más o menos salina en función de la salinidad del suelo y de la del agua de riego. El efecto sobre la planta de la salinidad (y de la alcalinidad) del agua será analizado en el capítulo de riego.

La salinidad del suelo puede ser determinada midiendo la conductividad eléctrica del agua extraída (denominado extracto de saturación) de una pasta saturada de una muestra. Sabemos que el agua reduce su resistencia al paso de la corriente eléctrica conforme aumenta su contenido en sales; en otras palabras, con la salinidad aumenta su conductividad. Dado que la unidad de resistencia eléctrica es el ohmio (ohm) se eligió la forma ortográfica inversa (mho) como medida de la conductividad eléctrica (CE), aunque actualmente como unidad de medida se emplea el deci Siemens por metro (dS/m), que equivale al milimhos/cm (mmho/cm). La FAO estima que con una CE de 4 dS/m (en el citado extracto de saturación) se pierde un 5-10% de la cosecha (considerándose ya el suelo como salino); si la conductividad alcanzara un valor entre 6 y 10 las pérdidas serían del 20-50%; si $\text{CE} > 10 \text{ dS/m}$ dicho descenso del rendimiento en grano superaría el 50%. La normativa vigente en producción integrada "recomienda" cultivar arroz en suelos con menos de 8 dS/m (con dicho valor, en nuestras condiciones de cultivo, el rendimiento se reduce notablemente).

El sodio es un elemento químico particularmente fitotóxico, por lo que debe ser determinado aparte. Originariamente, a causa de su génesis, los suelos de Las Marismas, tenían un alto contenido en sodio, pero debido a los continuos procesos de lavado, la sodicidad (alcalinidad) de su capa superficial (25-30cm) es normalmente inferior al aceptado umbral alcalino (cuando el porcentaje de sodio intercambiable es igual a 15). Un suelo se clasifica, a la vez, como salino y sódico cuando su $\text{CE} > 4 \text{ dS/m}$ y su $\text{PSI} > 15$. Cabe destacar que la planta de arroz posee una tolerancia moderada a la sodicidad (con un PSI de 25-40), mayor que la de frutales de hueso y los cítricos ($\text{PSI} < 10$) pero menor que otros cultivos, como el trigo, el algodón y la remolacha (PSI entre 40 y 60). Según el Reglamento, se recomienda que los suelos tengan un PSI máximo de 15.

Los pH por debajo de 7 se denominan ácidos, igual a 7 neutros, y por encima de 7 básicos. En seco, el pH de nuestros suelos suele situarse en valores ligeramente inferiores a 8. Un pH ácido suele venir acompañado por un bajo porcentaje de saturación de bases, cierta deficiencia en calcio, menor actividad microbiana así como por una estructura inestable (peor) del suelo. En cambio un pH muy básico, superior a 8,3-8,5, suele estar asociado a suelos sódicos, de muy mala estructura, muy baja actividad microbiana y baja fertilidad. Cabe señalar que el pH puede variar en profundidad de un mismo perfil, según el horizonte (capa de suelo) donde tomemos la muestra. La normativa, en producción integrada, prohíbe el cultivo en suelos con $\text{pH} > 8,5$. Otras limitaciones químicas son un porcentaje de calcio activo inferior al 15% y una concentración de boro por debajo a 1,5 ppm (no suele haber problemas al respecto). Además, es recomendable disponer de niveles de materia orgánica en suelo entre 1,5-2,5%, con una relación carbono nitrógeno de alrededor de 10-12.

10.- El suelo de las Marismas del Guadalquivir

En tiempos de la dominación romana las Marismas del Guadalquivir eran un gran lago, que denominaban Ligur, donde desembocaba dicho río. El lago estaba separado del Océano Atlántico por una barra arenosa, con el que se comunicaba a través de varias "bocas". Las aguas del lago desembocaban en el mar o el agua del mar entra-

ba en el lago en función del régimen de mareas y del caudal del río. El río transportaba grandes cantidades de materiales en suspensión, resultantes de la erosión en la parte alta de su cuenca, que al llegar al lago, con corrientes encontradas y lentas, se fueron depositando, colmatándolo progresivamente de partículas finas, las cuales, por contacto con las aguas salobres o saladas, adquirieron las características de sódicas. Debido a la escasa pendiente del tramo final del Guadalquivir (4-5 m. en los últimos 100 km.) la arcilla y el limo, en mucha mayor proporción que la arena y otros elementos gruesos, fueron capaces de alcanzar el lago. Los afluentes de la margen izquierda proceden de suelos secundarios y terciarios, en cambio, los de la margen derecha proceden de Sierra Morena, formación de carácter arcaico o primario. Los elementos de relleno de la margen izquierda provienen de margas calizas, de arcillas expansivas e incluso de materiales yesosos; mientras que en la derecha los aportes del río Guadiamar son de naturaleza no caliza.

Los suelos de las Marismas son, pues, jóvenes, llanos, uniformes, muy profundos, de textura arcillosa o arcillo limosa, casi carentes de elementos gruesos y de escasa permeabilidad. El drenaje está totalmente impedido, de forma que la capa impermeable suele comenzar a sólo 10-15 cm de profundidad. La capa freática fluctúa, llegando a alcanzar la superficie en época de lluvias, no descendiendo de los 60-70 cm salvo en el caso de sequías pertinaces.

El contenido en materia orgánica no es alto (oscila entre 1,5 y 3,2%) y el pH del suelo seco se sitúa cercano a 8. En la Tabla 2.12 podemos observar el análisis de un suelo fértil y no salino de la margen derecha del Guadalquivir. Los suelos de las Marismas poseen un alto contenido en potasio y una riqueza media en fósforo, existiendo algunos terrenos algo deficientes en este nutriente. Ya mencionamos que la cantidad disponible (o asimilable) de estos elementos químicos es la suma de la forma soluble más la forma intercambiable.

Tabla 2.12.- Análisis de suelo. Finca Casudis. Puebla del Río, 2008.

Parámetro analizado	Unidades	Resultado análisis
Capacidad de intercambio catiónico	meq/100g	24.52
Calcio de intercambio	meq/100g	8.86
Magnesio de intercambio	meq/100g	11.06
Potasio de intercambio	meq/100g	1.26
Sodio de intercambio	meq/100g	3.32
Porcentaje de saturación de bases	%	99.9
Porcentaje de sodio intercambiable	%	13.0
Carbonatos	% P/P	21.40
Caliza activa	%	11.68
Conductividad eléctrica. Ext. 1:5	mmhos/cm	2.3
pH	1/2.5	7.98
pH	en CIK	7.58
Materia orgánica oxidable	% P/P	2.55
Fósforo asimilable	ppm	30.8
Potasio asimilable	ppm	575
Arcilla	%	50.5
Limo	%	43.7
Arena	%	5.8
Clasificación Textura	ARCILLO-LIMOSO	

El contenido en hierro y en carbonatos suele ser apreciablemente alto. Con respecto a los elementos secundarios (calcio, magnesio, hierro, etc.) y microelementos (zinc, molibdeno, cobre, silicio, etc.) poseen, en su casi totalidad, contenidos adecuados, no presentándose problemas de carencia (escasez) ni de excesos (que pueden acarrear fototoxicidad). En alguna parcela, excepcionalmente, se presentan ligeras carencias de zinc.

En las zonas de cultivo el horizonte superficial (25-30 cm) está desalado, debido al arrastre de sales solubles por acción de la lluvia y el riego, a veces además por efectos del drenaje. Pero el subsuelo continúa siendo altamente salino.

Aunque el terreno es muy uniforme se presentan pequeñas diferencias debidas a variaciones de cota. Las partes bajas se denominan “lucios” y las altas “vetas”. Lógicamente estas diferencias se van reduciendo por efecto de las sucesivas nivelaciones, aunque tienen gran importancia en las nuevas tierras puestas en cultivo. En la Marisma primitiva, no cultivada, las depresiones o lucios eran el dominio de las plantas halófitas (adaptadas a condiciones salinas), como los almajos (*Salicornia fruticosa* y *Suaeda fruticosa*) y el sapillo (*Salsola vermiculata*), mientras que en los bancos o vetas lograban prosperar algunas gramíneas (*Phalaris*, *Melilotus*, *Lolium*), *Ranunculus* y cardos (*Silybur cirsium*) entre los almajos. Los suelos próximos a los cauces de los ríos y caños, llamados “playas”, poseen una textura más ligera, menos arcillosa, y son más productivos. La vegetación natural es de

tipo palustre (lagunar), abundando la enea (*Typha sp.*) y el carrizo (*Phragmites australis*), las ciperáceas de los géneros *Scirpus* y *Cyperus* así como los juncos. El cultivo del arroz es prácticamente el único posible y el que ha hecho rentable la puesta en riego de esta zona.

En los estudios agronómicos (Aguilar M., Navarro L., y García J.M. 2000-2008) que venimos realizando anualmente con el fin de evaluar el grado de cumplimiento del Reglamento de Producción Integrada, así como el impacto medioambiental de dicho tipo de producción en comparación con la tradicional, se ha establecido un amplio número de indicadores o parámetros (baremados de 1 a 6) y hemos dividido la zona arrocerá sevillana en siete sectores (grandes parajes), tratando de lograr la mayor homogeneidad posible, dentro de cada sector, con respecto a factores geográficos, edáficos, agronómicos, sociales, etc. De forma resumida, pasamos a describirlos.

El de Puebla del Río comprende el paraje denominado Vega de la Puebla y sus áreas limítrofes. Son terrenos fértiles, con agua de riego de la mejor calidad (menor salinidad), ya que es bombeada relativamente más lejos de la desembocadura del Guadalquivir. La salinidad del suelo es también baja en relación con la del resto de la zona arrocerá.

Abundancia-Mármol es un gran paraje con excelente calidad de suelos y altísimos rendimientos en grano. En condiciones normales se riega con agua de buena calidad. Sus explotaciones, por término medio, son de mayor tamaño que las de Puebla.

Ermita-Cantarita, en su mayor parte, son parcelas regadas por la Comunidad de La Ermita, con agua procedente de otras comunidades de regantes (Mármol, Mínima y Queipo de Llano), que desaguan al Brazo de los Jerónimos, del cual se capta. Por este motivo el agua suele ser relativamente más salina. En años de escasez de agua (con elevada salinidad) se producen mermas significativas en el rendimiento en grano, especialmente en la zona de Cantarita.

Mínima-Queipo de Llano es quizás el sector más representativo de Isla Mayor. Sus tierras, de salinidad moderada, llevan muchos años cultivadas de arroz. En campañas normales de riego



Fig. 2.13.- Seleccionando plantas sometidas a riego con agua salina (2,5 g/l ClNa). Instalaciones IFAPA- Centro “Las Torres”

el agua tiene un aceptable contenido salino. Pese a su gran extensión, predomina la explotación familiar, de tamaño medio.

Hato Ratón-Hato Blanco se caracteriza por la utilización de agua de pozo (en vez de ser bombeada del Guadalquivir). Sus suelos son de textura más ligera. La salinidad del agua suele ser moderada. En Hato Blanco, el singular sistema de rebombeo y recirculación del agua de riego (en circuito casi cerrado) hace disminuir su consumo pero acarrea ciertos perjuicios, tales como el retraso en la inundación inicial (ya que el agua de pozo es más fría y debe previamente “calentarse” en el canal), un incremento en el número de tratamientos contra quironómidos (esto también ocurre en Hato Ratón), una mayor contaminación de semillas de malas hierbas (procedentes de otras parcelas y transportadas por el agua), el aumento de la salinidad del agua y de la toxicidad por ácido sulfídrico (Akiochi), etc.

Margen Izquierda destaca por ser un sector con explotaciones de gran superficie, lo que trae consigo, en general, mejores posibilidades de gestión empresarial que en las de la margen derecha del Guadalquivir.

11.- La zona arrocerá gaditana

El cultivo del arroz en Cádiz se inició en 1992, sustituyendo, en su mayor parte, a los de trigo y girasol. Se localiza en los términos municipales de Benalup de Sidonia, Vejer de la Frontera, Medina Sidonia, Alcalá de los Gazules, Tarifa y Barbate. La zona de la antigua laguna de La Janda, el más importante enclave arrocerá gaditano, sufre periódicas e intensas inundaciones invernales, lo que hace inviable otros cultivos. Constituye un paraje de alto valor ecológico, especialmente por su riqueza en avifauna. En 1997 se constituyó la Asociación de Arroceros de Cádiz (ARROCA) y desde el año 2003 el sector se acoge a las ayudas agroambientales mediante la creación de cinco agrupaciones de producción integrada de arroz que engloban la práctica totalidad de su superficie, que ronda las 2.800 ha. En los últimos años, la variedad Puntal, de tipo índica, ha sido la más cultivada (90-95% de la superficie) seguida de la va-

riedad japónica Hispagrán (3-5%). Para el secado, almacenamiento y comercialización de su producción, la mayoría de los arroceros están integrados en la Sociedad Cooperativa Divino Salvador.

Los suelos arroceros gaditanos son, en general, fértiles, profundos, de textura arcillosa o franco-arcillosa y con un pH cercano a 8. En comparación con los de las Marismas del Guadalquivir, destacan por su inferior salinidad (su conductividad eléctrica media ronda los 2 dS/m). Igual ocurre con las aguas de riego (con conductividades medias de poco más de 0,5 dS/m), menos salinas que las sevillanas.

El agua de riego es aportada principalmente por los embalses de Barbate y de Celemín, además de la captada directamente del río Barbate. En años con baja pluviometría (poca agua embalsada) la Comunidad de Regantes existente se ve obligada a limitar la superficie sembrada. Es destacable el alto grado de aprovechamiento (mínimo consumo) del agua de riego, a causa de su singular sistema de recirculación (rebombeo), con la ventaja de que el consumo de agua en esta zona arrocerá (que estimamos en 8000-9000 m³/ha) es solamente algo superior a las inevitables pérdidas por evapotranspiración. Dicha recirculación se ve limitada cuando el incremento de la salinidad del agua alcanza niveles críticos para el cultivo. De estas cuestiones trataremos más detalladamente en el capítulo dedicado al riego.

Cabe destacar la importancia de los vientos dominantes (de Levante), que dificultan la nascencia del arroz, lo que obliga a que las parcelas (“tablas”) sean relativamente pequeñas (2,5-6 ha) debido a que el “oleaje” puede provocar el desarraigo de las plántulas. También pueden acarrear un cierto incremento en el desgrane de algunas variedades y en el asurado del grano. Entre otras diferencias con el arrozal sevillano, señalaremos la aplicación casi habitual de abonado nitrogenado en cobertera (aunque las dosis raramente superan las 50 unidades por hectárea) así como la relativamente baja incidencia de “pudenta” (*Eusarcoris inconspicuus*), cuyos ataques, en esta zona, se suelen limitar a los márgenes del arrozal.



Labores preparatorias y abonado

Labores preparatorias y abonado

Los arroceros conocen perfectamente la necesidad de alcanzar pronto una conveniente densidad de plántulas, antes del ahijamiento, a fin de evitar replantas o resiembras indeseables y costosas. Para ello, además de una adecuada dosis de siembra y de que el tiempo acompañe, es fundamental haber realizado las oportunas labores de preparación del lecho de siembra, incluidas su nivelación y fertilización, que respectivamente facilitarían el manejo del agua de riego y pondrán a disposición de la planta los nutrientes necesarios, tanto en sus primeras etapas como en el resto de su ciclo vegetativo.

1.- Labores preparatorias

Su tipo y número dependen básicamente de las condiciones climáticas, especialmente pluviométricas, y de las características del suelo (textura, salinidad, etc.) así como de los medios mecánicos disponibles. Se puede decir que hay casi tantas maneras de preparar el terreno como arroceros, pero los objetivos son idénticos.

En el lecho de siembra ideal los restos del cultivo anterior y las enmiendas orgánicas deben estar adecuadamente incorporados. El suelo debe estar libre de malas hierbas, aireado, uniforme-



Fig. 3.1.- Esquema del cultivo del arroz en Andalucía

mente nivelado, correctamente abonado, con la superficie rugosa (ni lisa ni excesivamente aterronada) y seco.

La incorporación temprana de los residuos orgánicos (paja, rastrojo, compost y malas hierbas) facilita su descomposición, reduciendo la probabilidad de ataque de algas y de emisión de gases tóxicos en la próxima siembra de arroz. Dicha materia orgánica mejorará la estructura, porosidad, aireación y fertilidad del suelo.

El laboreo no consigue un control completo de las malas hierbas por lo que, durante el cultivo, es necesario recurrir al empleo de herbicidas.

Tras un largo período de inundación el suelo del arrozal se encuentra en condiciones anaeróbicas, poco favorables para el enraizamiento de las semillas. Antes de la siembra es conveniente mejorar su estructura y provocar su oxigenación mediante labores mecánicas. Cuanto más arcilloso, más conveniente es la aireación del suelo.

Una nivelación precisa permite mantener una profundidad uniforme de agua en toda la tabla, mejorando significativamente la emergencia y el desarrollo uniforme de las plantas, el control de las malas hierbas, el drenaje de la parcela, el manejo y la eficiencia del riego, etc.

La distribución uniforme y la correcta incorporación de los abonos nitrogenados y fosfóricos limitan sus pérdidas. Si dichos nutrientes no se incorporasen, se estimularía el crecimiento de las algas y de las semillas superficiales de malas hierbas. En el caso de deficiencia de zinc, cuyos síntomas aparecen durante el período de plántula, el abonado corrector, también en fondo, se debe mantener en superficie o, como máximo, incorporarse muy ligeramente.

La superficie del lecho de siembra debe de ser rugosa con el fin de propiciar el anclaje de las raíces. El diámetro adecuado de los terrones se estima entre 3 y 7 cm. Mayores tamaños proveen áreas secas, por encima del nivel del agua, propensas al desarrollo de malas hierbas. Además, cuando estos terrones se desbaratan entierran a la semilla de arroz a demasiada profundidad (no emerge a profundidades superiores a 0.6-1.2 cm). Si la tierra está demasiado fina o el terreno demasiado liso se corre el riesgo de que, por la acción del viento, el grano se mueva o que la plántula,

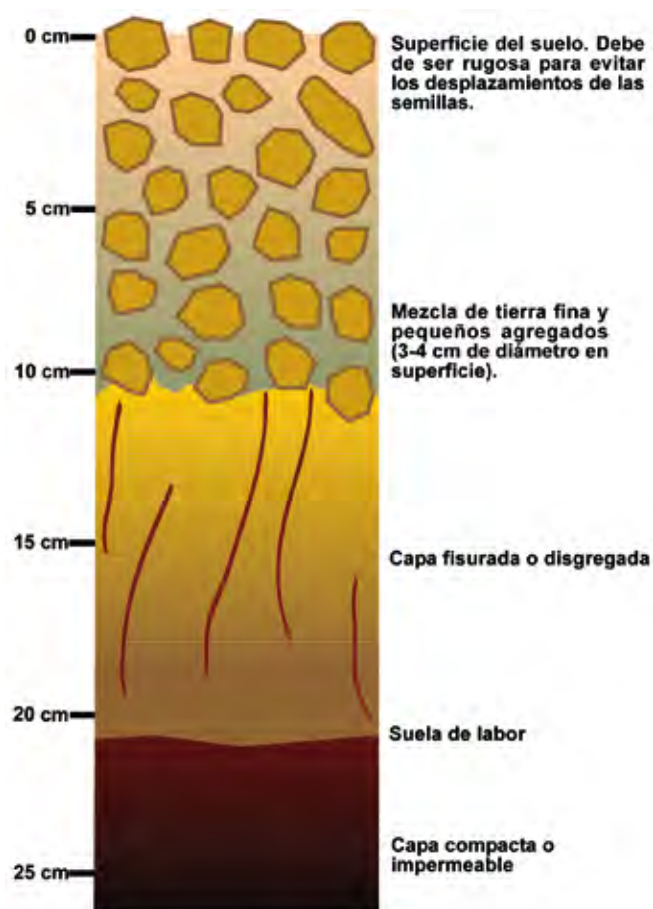


Fig. 3.2.- Perfil de un suelo preparado para la siembra del arroz

desarraigada, derive hacia los márgenes de la tabla, con la consiguiente pérdida de densidad y uniformidad de plantas.

En un lecho de siembra seco se reduce la germinación y el crecimiento de las malas hierbas durante el período que resta hasta su inundación. Se retarda la aparición y el desarrollo de algas y de algunas plagas, que compiten con el arroz, y se incrementa la disponibilidad de nutrientes durante los primeros estados de crecimiento. La lluvia inmediatamente antes de la inundación provoca la aparición de una costra difícil de penetrar por las raíces seminales, así como la ascensión de sales y un enfriamiento de la temperatura del suelo que perjudican la nacencia, obligando a replantas o incluso resiembras. Es fundamental que el suelo esté seco antes de su inundación; de lo contrario, la nacencia y posterior desarrollo vegetativo pueden verse gravemente afectados, hasta el extremo de que si las lluvias o filtraciones accidentales de algún canal de riego humedecen el terreno suele ser conveniente inundarlo ligeramente, para

dar un pase de tractor provisto de ruedas de jaula (situadas en el eje trasero y de forma cilíndrica), y esperar a que el terreno se seque, antes de la inundación definitiva de la parcela.

Existen cosechadoras que pican la paja y la esparcen, evitándose la quema tradicional de la paja larga y del rastrojo. La práctica del quemado ha descendido drásticamente en los últimos años a causa de las restricciones que implica la producción integrada. Terminada la recolección, tanto si se ha esparcido como quemado la paja, se procede al “fangueo” o enterrado de rastrojo (y de la paja residual) mediante un tractor con ruedas de jaula, también llamadas de fangueo. A veces, tras esta operación, es conveniente trazar algún surco en la tabla para facilitar su desagüe. Cada vez está más extendida la práctica de bombear agua hasta primeros de diciembre, manteniendo cerradas las piqueras de salida, con el propósito de mantener la tabla inundada hasta finales de enero. El objetivo es eliminar la presencia de hierbas, cuyo desarrollo, especialmente en años lluviosos y en tierras infectadas, puede entorpecer las primeras labores preparatorias. Otros arrozeros prefieren que sus tierras se sequen, oxigenen y mineralicen.

Aunque con poca frecuencia, a veces es necesario emprender nivelaciones de mayor envergadura en una parcela (con desmontes de hasta 40-45 cm de profundidad), que suelen efectuarse en los primeros meses del año. Dado que a partir de los 25-30 cm el contenido salino del suelo suele alcanzar valores fitotóxicos para el arroz (la superficie rebajada frecuentemente blanquea a causa de la sal) es conveniente realizar análisis de suelo antes de efectuar desmontes profundos. Se trata de incrementar la superficie de las tablas hasta al menos 6-8 ha (existen algunas que superan las 20 ha). Entre las ventajas de esta operación destacan la disminución del número de “almorrones” (grandes lomos para contener el agua de la tabla), que son cobijo de malas hierbas, plagas y enfermedades, con el consiguiente incremento de la superficie productiva, de la eficacia del riego y del rendimiento de la maquinaria. Por el contrario, cuanto mayor es la tabla más sujeta está a los efectos negativos del viento y del oleaje.

La preparación, propiamente dicha, del suelo se suele realizar entre los meses de febrero y abril, comenzando las labores cuando el estado

de la tierra lo permita (tempero). Con cierta frecuencia se inician con una ligera labor de “rebaje” o “refino de nivelación”, rayando con el cultivador las partes más altas de la parcela y transportando la tierra suelta resultante, mediante trailla, hasta las zonas más bajas. El objetivo es eliminar las desigualdades de nivel originadas en la campaña anterior a causa de sedimentaciones en áreas cercanas a las entradas de agua o por las evoluciones de la cosechadora.



Fig. 3.3.- Gradeando almorrones para, posteriormente, rehacerlos con pala hidráulica y compactarlos



Fig. 3.4.- Pase de grada de discos y rulo desterronador



Fig. 3.5.- Tractor con “chisel” efectuando la primera labor

La labor principal de alzar se lleva a cabo con escarificador “chisel” (cincel) o “semichisel” (con rejas de cincel y de cola de golondrina) o bien con cultivador. Se trata de romper la dureza del terreno. Los potentes escarificadores de brazos articulados y flexibles, con muelles, que vibran al atacar al terreno, realizan una excelente labor. El cultivador de brazos flexibles también deja el terreno en buenas condiciones, más suelto que el de brazos rígidos. Un par de pases con cualquiera de estos aperos suelen ser suficientes para disponer de una capa arable de unos 20-25 cm donde se desarrollarán la mayor parte de las raíces de la planta. Hasta hace tres décadas era relativamente frecuente el alzado con vertedera, hoy en desuso, que tiene la ventaja de voltear la tierra y exponer al sol los rizomas de plantas perennes como la grama y la castañuela. De realizar esta labor es recomendable que sea superficial, para no situar en superficie capas de tierra más salinas, y con arados reversibles para no desnivelar excesivamente el terreno.

Después de alzar, es necesario desmenuzar los terrones originados por las labores anteriores mediante varios pases de grada de discos y/o cultivador. Un buen chaparrón (15-20 mm.) facilita enormemente esta labor. A veces, cuando la lluvia acompaña, un par de pases de cultivador es suficiente para el alzado y desterrone. Lo más frecuente son dos pases cruzados de cultivador para alzar y uno de grada para desterronar, aunque el tipo y número de labores dependen del estado de humedad del suelo. En terreno seco la labor de alzar provoca grandes terrones, lo que nos obliga a

dar varios pases para desmenuzarlos. En esta situación, además de la grada, puede ser necesario el uso de potentes rulos desterronadores. Por el contrario, si el terreno está excesivamente húmedo la labor de alzado es ineficaz. En apenas una semana el terreno puede pasar de estar en tempero a extremadamente duro, rebotando los aperos (que necesitan contrapesos) y corriéndose el riesgo de dañar sus brazos. Ello explica, en buena parte, el elevado índice de mecanización existente en la zona, dado que algunas labores deben llevarse a cabo en un corto período de tiempo.

Dado que los viejos almorrónes han sido labrados con el resto de la parcela es necesario, antes de la nivelación, reformarlos o incluso hacerlos nuevos, labor que se lleva a cabo mediante tractor con cuchilla móvil. Este apero, conocido vulgarmente como palita o lámina, también se utiliza para nivelar carriles (mediante arrastre de tierra), hacer regueras y limpiar pequeños canales. La limpieza de los canales de mayor tamaño suele correr a cargo de las Comunidades de Regantes.

Habiéndose reducido el tamaño de los terrones a más o menos el de un puño, se procede a la nivelación del terreno. Cada vez está más extendida la nivelación guiada por láser. Básicamente el equipo está compuesto por un trípode emisor de rayo láser así como, situados en la niveladora, una torreta receptora y unos pistones que hacen que la cuchilla niveladora baje o suba, lo que permite, respectivamente, una labor precisa de desmonte o relleno. La niveladora arrastra continuamente la tierra dejando pequeños montoncitos sobrantes en los extremos de la parcela, siendo lo más económico que una trailla auxiliar los traslade y deposite en las zonas más bajas. El pase de niveladora láser también ayuda a desbaratar o desmenuzar los terrones.

A fin de lograr su distribución uniforme, el abono fosfórico suele aplicarse después de la nivelación e incorporarse con un pase de cultivador, que rompe la compactación y deja la tierra suelta antes de aplicar el abonado nitrogenado, el cual se incorpora mediante grada, *kongskilde*, o más frecuentemente rastrilla. A veces el nitrógeno y el fósforo se incorporan con la misma labor. Si la tierra queda demasiado suelta es conveniente un pase de rulo a fin de mejorar el arraigo de la planta.



Fig. 3.6.- “Palita” o “lámina”



Fig. 3.7.- Nivelación guiada por rayo láser

Es perjudicial excederse en el número de labores ya que dejarían el suelo excesivamente pulverizado, provocando una rápida compactación de su capa superficial y la formación de costra, lo que dificulta o impide su aireación y el anclaje de las raíces de la plántula.

Es frecuente que la labor de rastrilla se dé conjuntamente con la de rulo, arrastrados ambos aperos por un mismo tractor. Los rulos con discos acanalados aloman ligeramente el terreno evitando el desplazamiento de la semilla (a causa del viento); pero debe evitarse un excesivo alomado que provoque desnivelación. A veces las condiciones del terreno, húmedo o pulverulento, no hacen conveniente la utilización del rulo ya que provocaría una excesiva compactación.

Es conveniente que transcurra el menor tiempo posible entre la incorporación del abono y la inundación. Tras la inundación es necesario sembrar inmediatamente. Este método de preparación de la tierra en seco es el habitualmente utilizado en la zona. El antiguo fanguado previo a la siembra sólo se suele aplicar en caso de encontrarse húmedo el lecho de siembra o por necesidades de resiembra.

2.- Aspectos generales de la fertilización

Existen multitud de factores que influyen sobre la fertilización del arrozal, lo que obliga a recomendaciones específicas para pequeñas áreas

uniformes, incluso para parcelas aisladas, pese a la relativa homogeneidad existente en la zona dedicada al monocultivo del arroz en las Marismas del Guadalquivir.

Obviamente las características del suelo son básicas para la nutrición de la planta. Lo ideal es contar con un suelo arcillo-limoso, de buena estructura y baja o nula permeabilidad, con elevado contenido en materia orgánica, pH cercano a la neutralidad (que evite la inmovilización de algunos nutrientes), con una gran capacidad de intercambio catiónico, un elevado porcentaje de saturación de bases, un suelo sin carencias de nutrientes ni problemas de salinidad o alcalinidad así como sin condiciones que favorezcan la formación de ácidos orgánicos y gases tóxicos para la planta de arroz. Además el abonado depende de la variedad, de la fecha de siembra, de la composición y volúmenes del agua de riego, de la fertilización de años precedentes, de las cambiantes condiciones climatológicas, etc.

Por otro lado el objetivo de la fertilización puede ser diverso: corregir simplemente las deficiencias del suelo, restituir las extracciones de la cosecha, aumentar la fertilidad del suelo, abonar de acuerdo con las normas de la producción integrada o de la producción ecológica, etc.

Se conoce la cantidad de nutrientes extraída por la cosecha. El arrocero, por otro lado, acumula a lo largo de los años una gran experiencia

(también muy útil) sobre la respuesta al abonado de cada una de sus parcelas. Existen, además, tres métodos básicos que nos ayudan a tomar nuestras decisiones sobre la fertilización: los análisis de suelo, los análisis de hojas (o análisis foliares), y los experimentos o ensayos de campo. Finalmente las deficiencias de algún nutriente durante el período vegetativo del arroz pueden ser detectadas (aunque con escasa precisión) mediante la observación de sus síntomas en la planta.

Los primeros 20-30 cm de un suelo de fertilidad media suelen contener de 3 a 5 toneladas de nitrógeno por hectárea, entre 3 y 15 de P_2O_5 (la riqueza en fósforo también se puede expresar en unidades de anhídrido fosfórico) y cantidades superiores de K_2O (igualmente la riqueza en potasio se puede expresar en unidades de óxido potásico). Sin embargo una buena cosecha no extrae más de 150 kg/ha de nitrógeno, igual cantidad de K_2O y un máximo de 100 kg/ha de P_2O_5 , sin tener en cuenta que algo del fósforo y buena parte del potasio retornan al suelo con la incorporación de los restos de cosecha, incluso en caso de quemado.

Tabla 3.8.- Extracción media (paja + grano) de elementos químicos, expresada en kilogramos por tonelada de arroz cáscara producido, según IRRI

Elemento	Paja	Grano	Total
N	8	11	19
P	1,6	3,7	5,3
K	11,3	5,2	18,5
Ca	4,1	2,1	6,2
Mg	3,4	1,9	5,3
S	1,1	0,9	2
Mn	0,7	0,05	0,75
Fe	0,3	0,03	0,33
SiO_2	94	27	121

La necesidad de abonar viene dada porque sólo una mínima parte de los nutrientes del suelo se encuentra en forma asimilable por la planta. Existen diversos métodos analíticos para determinar dicha fracción asimilable (la existente en la solución del suelo más la adsorbida en el complejo

de cambio) de cada nutriente, a los que conviene dar un carácter indicativo u orientativo y someter su interpretación a expertos, dada la influencia que sobre la disponibilidad en cada elemento puede tener el contenido de otros nutrientes, así como las restantes características del suelo. Es aconsejable llevar a cabo análisis de suelo al menos cada dos o tres años, suficientemente antes de la siembra para decidir el correspondiente abonado de fondo. Se deben seguir meticulosamente las instrucciones del laboratorio de análisis referentes al número de muestras por hectárea, itinerario a seguir para que el muestreo sea al azar, profundidad (hasta 18-20 cm) y mezcla de muestras, etiquetado en bolsa de plástico, muestreo singular de las áreas donde las plantas muestren síntomas de deficiencias o toxicidades, etc.

Tabla 3.9.- Niveles mínimos en suelo de la fracción asimilable de los principales nutrientes del arroz, según Mikkelsen

Elemento	Método de análisis	Valor crítico
Fósforo	Olsen	6-9 ppm
Potasio	Acetato amónico	60 ppm K
Zinc	DTPA	0,5 ppm Zn

** Valores medios orientativos. Valor crítico es la concentración que reduce el rendimiento en grano en un 10%. El análisis del contenido de nitrógeno en suelo no suele utilizarse para las recomendaciones de abonado.*

La investigación ha establecido los valores (contenidos) críticos de cada nutriente en el suelo, correlacionando numerosos resultados de análisis de suelo con el crecimiento y rendimiento de la planta de arroz. Con valores cercanos o inferiores al crítico la aplicación del nutriente deficiente, mediante la fertilización, se evitarían disminuciones de cosecha.

La determinación del contenido total de nitrógeno en el suelo es insuficiente para recomendaciones de abonado, dado que este análisis incluye la forma nítrica, que en buena parte se pierde o inutiliza, como sabemos, tras la inundación de la parcela. Entre los nutrientes fundamentales, el fósforo es el que presenta mayores dificultades de análisis y el que se presta a mayores discusiones interpretativas en cuanto a su nivel mínimo deseable en el suelo.

En determinadas situaciones es conveniente analizar el agua de riego, ya que su riqueza en nutrientes puede modificar nuestras previsiones de abonado.

Además de los análisis de suelo (que se efectúan en terreno seco, justo antes del abonado de fondo), la investigación y la experiencia de campo han demostrado la validez de los análisis foliares (que se efectúan durante el período vegetativo del arroz) como método auxiliar para recomendaciones de abonado.

Existe una relación entre la dosis de abonado, el rendimiento en grano y el contenido en hoja de cada uno de los nutrientes. En esto se basa la utilización del análisis foliar. Para la dosis de abonado con la que se alcanza el máximo rendimiento en grano de cada variedad se ha delimitado (en determinados estados fenológicos) el intervalo adecuado de concentración y el nivel crítico para cada nutriente en hoja, como se detallará más adelante.

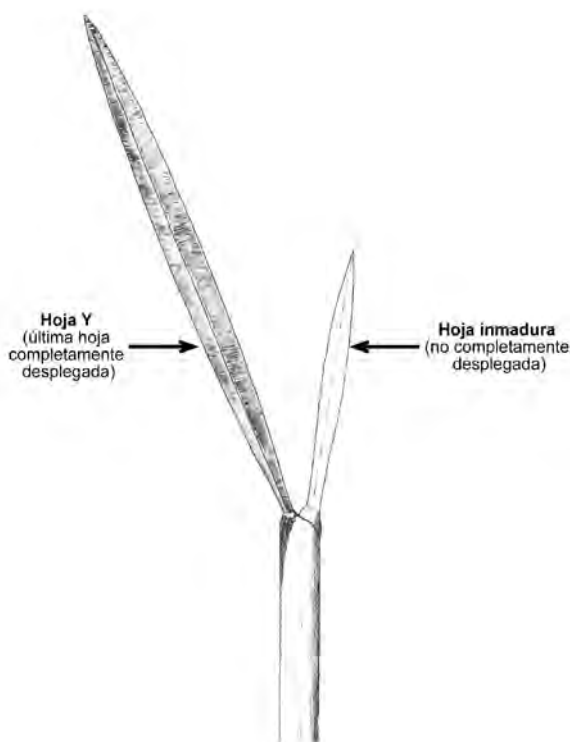


Fig. 3.10.- Para determinar deficiencias nutricionales mediante análisis foliar se toman muestras de hojas Y

Las muestras se suelen tomar en cuatro estados fenológicos: medio ahijado, máximo ahijado, diferenciación de la panícula y aparición de hoja bandera. Las tres primeras muestras se utilizan para determinar la necesidad de abonado

de cobertera, mientras que la muestra de la hoja bandera, en combinación con las otras, es útil para recomendaciones de abonado en la próxima campaña. Medio ahijado y diferenciación de la panícula son los estados más frecuentemente utilizados para la determinación del contenido en hoja de los diversos nutrientes (N, P, K y microelementos). La validez del análisis foliar exige realizar un muestreo de la parte adecuada de la planta, que ha de ser el limbo de las hojas más recientemente maduradas (desplegadas), también llamada hoja-Y. En cada estado fenológico se toma una muestra al azar compuesta de veinte o treinta limbos por cada 2-3 ha. Las muestras limpias y adecuadamente etiquetadas se envían al laboratorio.

Existen aparatos que miden la cantidad de luz absorbida por la clorofila, que es el pigmento verde de las hojas. Debido a que la cantidad de clorofila está relacionada con la cantidad de nitrógeno foliar, estos medidores nos facilitan una información similar a la obtenida mediante el descrito análisis foliar. La determinación se realiza igualmente sobre hojas-Y, sanas y no pertenecientes a hijos tardíos. El estado más adecuado es el de iniciación de la panícula. Antes del máximo ahijado el contenido de nitrógeno y el verdor de la hoja (contenido de clorofila) no mantienen una relación tan estrecha. Este método tiene la ventaja de que las determinaciones se llevan a cabo en campo, ahorrándonos el tiempo requerido para el secado de las muestras y su posterior análisis en laboratorio, aunque, por el contrario, es algo menos preciso que el anterior al estar más afectado por la variedad y la densidad de plantas.

La mejor recomendación sobre la cantidad y forma de utilización de los abonos es la que se basa en resultados obtenidos mediante ensayos de campo. Una precisa y repetida experimentación, basada en diseños y metodología científica, es capaz de suministrar una información de interés para el agricultor.

3.- Abonado nitrogenado

El nitrógeno es el nutriente que ejerce mayor influencia sobre el crecimiento de la planta y su rendimiento en grano. El arroz tiene dos períodos de máximo requerimiento de nitrógeno. El primero tiene lugar entre los 25 y 50 días después de la siembra, coincidiendo con el período de ahijado,

cuando la planta incrementa significativamente su área foliar y se determina el número de panículas por unidad de superficie. El segundo ocurre al comienzo de la fase reproductiva, debiendo estar disponible una adecuada cantidad de nitrógeno durante este período de alargamiento del tallo y desarrollo de la panícula, en el que se determina el número potencial de granos por panícula.

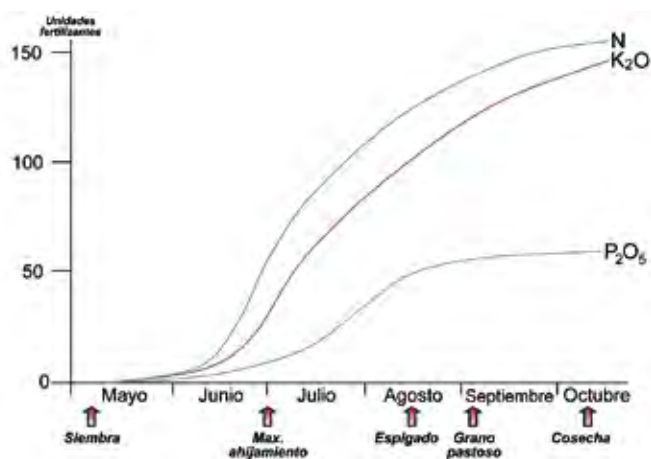


Fig. 3.11.- Evolución de la absorción de nutrientes en el arroz (M. Aguilar)

En espigado la planta ya ha absorbido más del 75% de sus necesidades totales de nitrógeno, que se acumula principalmente en las hojas. Aproximadamente dos tercios del nitrógeno contenido en las partes verdes es translocado al grano a lo largo de su período de llenado y maduración.

La planta de arroz crece mejor y alcanza mayores rendimientos cuando es fertilizada con abonos amoniacales (urea, fosfato amónico, etc.) que con nitratos. En realidad las raíces pueden absorber por igual el nitrógeno en forma amónica que en forma nítrica, pero los nitratos en un suelo inundado sufren altas pérdidas por desnitrificación y percolación. Por ello, las aplicaciones de nitrógeno nítrico en cobertera, a veces necesarias, es mejor realizarlas cuando el sistema radicular ha alcanzado un desarrollo suficiente en superficie (normalmente a partir de las cinco o seis semanas después de la siembra) a fin de ser rápidamente absorbidas y disminuir las pérdidas de este nutriente.

La incorporación del abono amoniacal (a unos 5-15 cm de profundidad) reduce las pérdidas de nitrógeno y lo hace menos disponible para las plántulas de malas hierbas que germinan cerca de

la superficie del suelo. En el capítulo anterior también examinamos las ventajas e inconvenientes de dar una seca a la tabla de arroz y de las elevadas pérdidas de nitrógeno que se provocan cuando se repite el ciclo seca-inundación.

La eficiencia del abonado amoniacal depende de las propiedades del fertilizante, del método de aplicación y (en el caso poco usual de productos que tienen alta presión de vapor, como el amoníaco anhidro) de las condiciones del suelo durante la aplicación. No existen diferencias significativas en rendimiento en grano entre aplicar el nitrógeno en forma de urea o de sulfato amónico, aunque probablemente la urea sufra pérdidas ligeramente superiores a causa de su proceso de hidrólisis. El arrocero suele elegir la forma amónica que suministre la unidad de nitrógeno a más bajo coste y con mayor facilidad de aplicación.

En las Marismas el nitrógeno se aplica principalmente en forma de urea 46%, en menor proporción como fosfato biamónico, y, a veces, como parte integrante de algunos complejos y mezclas. Se utiliza menos el sulfato amónico 21%, el amoníaco anhidro y los abonos en suspensión. Cuando se emplea fosfato biamónico es frecuente aplicar 200 kg/ha, completando con urea hasta alcanzar la dosis total deseada. También se aplica una mezcla ya preparada (*blending*) de ambos productos (con una riqueza 35-15-0) empleándose un tipo de urea con densidad similar a la del fosfato biamónico, con el fin de conseguir una distribución uniforme del *blending* sobre el terreno.

Con objeto de disminuir las pérdidas de nitrógeno se pueden aplicar fertilizantes de liberación controlada o progresiva. Su comportamiento es cercano al de las aplicaciones fraccionadas. Algunos son abonos usuales, por ejemplo urea, recubiertos de ciertas sustancias poco solubles al agua (azufre, corcho, resinas, plásticos, etc.) que aminoran la velocidad de liberación del nitrógeno. Otros son fertilizantes, orgánicos o inorgánicos (urea + formaldehído, isobutil-aldehído, fosfato amónico magnésico, etc.) con baja solubilidad natural, por lo que también requieren gran cantidad de agua para su disolución total. Todos estos formulados se aplican en presiembra y liberan gradualmente su nitrógeno a lo largo del ciclo vegetativo de la planta. Están especialmente indicados para terrenos ligeros o donde sea frecuente

la alternancia seca-inundación. Algunos de estos abonos incluyen la presencia de algunos nutrientes secundarios y/o micronutrientes. Tienen el inconveniente de un mayor coste que los abonos convencionales, lo que limita su aplicación.

Existen sustancias que, incorporadas a los fertilizantes nitrogenados, reducen la velocidad de los procesos bioquímicos de nitrificación/desnitrificación, lo que trae consigo una disminución de las pérdidas de nitrógeno. Otras sustancias que se añaden a la urea ralentizan su hidrólisis (reacción química que la transforma en carbonato amónico) al inhibir la actividad de la ureasa, que es la enzima encargada de este proceso. Son diversas formas de liberación lenta y progresiva del nitrógeno, aunque muy poco utilizadas actualmente a causa de su elevado coste. No hay que olvidar que la mineralización de la materia orgánica del suelo es un proceso lento y natural de liberación de nutrientes.

Se comercializan abonos que suministran el nitrógeno en forma de aminoácidos y péptidos (que son los precursores de las proteínas y de las enzimas) ahorrándole a la planta la energía necesaria para sintetizarlos y estimulando su actividad vegetativa. Tienen un efecto mojante, ayudando a los herbicidas y fungicidas a adherirse y penetrar en la planta. En el interior de los tejidos ejercen una acción quelante sobre diversos nutrientes, lo que favorece su absorción por el sistema radicular e incluso por las hojas. Su uso está poco extendido.

La investigación ha demostrado el valor del abonado de fondo como soporte de un buen ahijamiento y como proveedor del nitrógeno adicional necesario para alcanzar el número deseado de espiguillas, elevar el porcentaje de granos llenos, el peso del grano y, por tanto, aumentar el rendimiento final.

En nuestras condiciones el abonado de cobertera debe ser considerado como un suplemento o socorro, no como un sustituto de un correcto abonado de fondo. Sólo algunos agricultores reservan hasta un tercio del nitrógeno para aplicarlo en cobertera, que debe efectuarse no más tarde de la diferenciación de la panícula.

A fin de corregir deficiencias y mantener el crecimiento y rendimiento de la planta se pueden realizar aplicaciones en cobertera. La dosis puede ser estimada observando los síntomas de defi-

ciencia (principalmente los cambios de color de la planta) o ser determinada mediante análisis foliar. Las deficiencias de nitrógeno que pudieran tener lugar durante el ahijado deben ser corregidas lo antes posible, para estimular el crecimiento vegetativo. En el caso de que sólo pequeños suplementos de nitrógeno sean necesarios las aplicaciones pueden efectuarse entre la diferenciación de la panícula y el espigado. Parece ser que la aplicación foliar de pequeñas dosis de nitrógeno, que a veces se realiza junto a ciertos tratamientos herbicidas, mejora la recuperación del arroz de la posible fitotoxicidad causada por aquellos, aunque se desconoce su efecto sobre el rendimiento en grano. No es aconsejable aportar considerables cantidades de nitrógeno (más de 35-40 unidades por hectárea) dentro de los 7-10 días de la aplicación de herbicidas que causen cierta fitotoxicidad o debilidad al arroz, ya que podrían acentuarla.

El fraccionamiento del abonado nitrogenado es, sin embargo, una práctica habitual en la mayor parte de las regiones arroceras del mundo y son indiscutibles sus ventajas, especialmente en los suelos de textura franca o arenosa, basadas en la posibilidad de aplicar el nitrógeno conforme la planta lo requiere. Es lógico pensar que fraccionando, dado que se aumenta la eficiencia del abonado, se pudiese disminuir algo la dosis total de nitrógeno respecto a la aplicación única en fondo; por el contrario se aumentarían los gastos de organización y distribución. En California, con condiciones edafo-climáticas y de cultivo similares a las nuestras, la investigación aconseja la aplicación en fondo como práctica básica y más económica del abonado nitrogenado, tal como habitualmente se lleva a cabo en Andalucía.

La dosis de fertilizante mineral dependerá principalmente de la fertilidad y tipo de suelo, de la clase y cantidad de los restos de cosecha y de las posibles enmiendas orgánicas incorporadas, de la variedad, de las condiciones climáticas y de la experiencia de campañas precedentes. Menor cantidad de nitrógeno es necesaria en terrenos nuevos para el cultivo del arroz. Las áreas rellenadas con tierra procedente de rebajes requieren menos abonado que las que han perdido, en este proceso, su fértil capa superficial. Si la fecha de siembra se retrasa, acortándose el ciclo vegetativo, las necesidades de nitrógeno se reducen. Cuando la lluvia y

el frío afectan gravemente durante la preparación del lecho de siembra, además de un incremento de las pérdidas de nitrógeno por volatilización, la materia orgánica se mineraliza más lentamente y la plántula queda privada, en parte, de nitrógeno rápidamente disponible en esta etapa crítica. En áreas cercanas a las entradas (piqueras) de agua de riego es frecuente que no sea necesaria la aplicación de abonado debido, principalmente, al nitrógeno aportado por el agua de riego, así como a su mayor oxigenación, que estimula la proliferación de microorganismos fijadores de nitrógeno atmosférico.

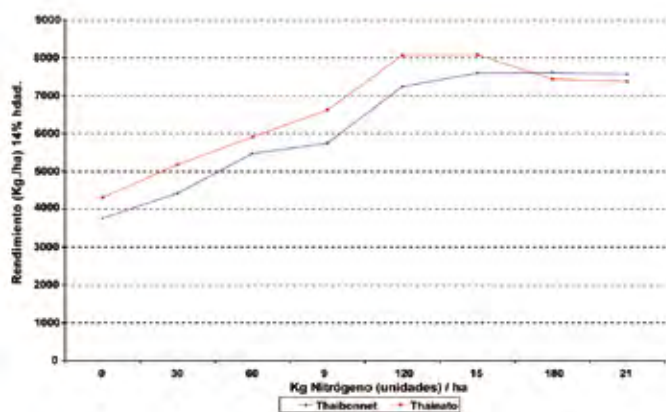


Fig. 3.12.- Efecto de la dosis de nitrógeno sobre el rendimiento en grano de dos variedades de arroz (urea 46% aplicada en fondo). M. Aguilar.

Se sabe que el contenido total de nitrógeno obtenido mediante análisis de suelo es una referencia insuficiente para determinar la dosis de abonado. El método más preciso es la realización de experimentos o ensayos de campo. Los resultados de uno de ellos se muestran en las Fig. 3.12, y la Tabla 3.13. Podemos observar que, en general, Thainato tiene ciclos a espigado y maduración algo más largos que Thaibonnet, así como mayor altura. Thainato fue ligeramente susceptible al encamado cuando se aplicaron dosis superiores a los 180 kg nitrógeno/ha. No existen diferencias significativas entre las longitudes de las panículas de ambas variedades. Con relación a los componentes del rendimiento, Thaibonnet destaca por su mayor número de panículas por metro cuadrado, mayor porcentaje de granos vacíos y menor peso de los 1000 granos; por el contrario, Thainato tiene mayor número de granos por panícula. En las con-

diciones ensayadas no se encontraron diferencias significativas en rendimiento en grano entre ambas variedades. Al aumentar la dosis de nitrógeno se alargan los ciclos a espigado y maduración así como la altura de ambas variedades. El número de panículas por metro cuadrado (y también el número de granos por panícula en el caso de Thainato) es el componente del rendimiento más afectado por el nitrógeno y el más influyente en el rendimiento en grano. En ambas variedades existe una ligera tendencia, aunque no significativa, a un incremento en el porcentaje de granos vacíos entre la dosis nula (0) y la máxima (210). En ninguna variedad se aprecian diferencias significativas en el peso de los 1000 granos al aumentarse la dosis de nitrógeno. Respecto al rendimiento en grano, Thaibonnet, de tipo Indica, respondió hasta 150 kg/ha de nitrógeno (aplicado en fondo, en forma de urea 46%) mientras que la variedad japónica Thainato sólo tuvo respuesta hasta 120 kg/ha de nitrógeno (como se observa en la Fig. 3.15). En las condiciones de este ensayo, podemos estimar dichas dosis de abonado como las óptimas para cada variedad, ya que aplicaciones superiores no aumentaron de forma significativa la producción.

Las dosis de nitrógeno aplicadas en las Marismas suelen estar comprendidas entre 130 y 180 kg/ha (en el caso del nitrógeno una unidad es equivalente a un kilogramo). De acuerdo con el Reglamento específico de Producción Integrada de arroz en Andalucía, las dosis máximas permitidas de abonado nitrogenado son 145 kg de nitrógeno por ha para las variedades tipo Índica y de 125 kg por ha en el caso de las Japónica. En nuestra opinión, estas cantidades están en el umbral (quizás demasiado ajustadas) de las necesidades reales del cultivo. Puede ser conveniente incrementar estas dosis en suelos poco fértiles o de alto contenido salino. De hecho, en un ensayo llevado a cabo en una campaña con altos rendimientos en grano (Fig. 3.13 bis) los máximos técnicos de abonado nitrogenado se situaron en alrededor de 150-160 kg/ha en el caso de Puntal y en 135-145 para la variedad japónica Ullal. Menores aportaciones pueden acarrear la necesidad de aplicaciones en cobertera. Al igual que para las restantes prácticas de cultivo, la experiencia del agricultor, conocedor de sus tierras, es de gran utilidad para un correcto abonado. En nuestra opi-

Tabla 3.13.- Respuesta agronómica del arroz a distintas dosis de abonado nitrogenado de fondo (urea 46%). Finca Mínima. Isla Mayor, 1996.
Datos RAEA

Variedad	Dosis	Días desde siembra a:		Altura Planta (cm)	Longitud Paniculas (cm)	Encamado (%)	Componentes del Rendimiento				Rendimiento en grano
		50% Espigado	Madurac.				Nº panícula /m²	Nº granos /m²	% granos vacíos	Peso (g) 1000 granos	
Thaibonnet	0	75	120	59,8	13,9	0	567	40	10,8	27,6	3764
	30	75	120	63,3	14,1	0	646	40	7,9	28,4	4422
	60	75	120	65,8	13,5	0	758	37	5,7	28,8	5473
	90	76	123	71,3	15,3	0	760	44	12,5	27,6	5747
	120	76	125	72,1	14,7	0	808	51	8,3	28,3	7244
	150	77	125	73,4	15	0	794	52	12	28,7	7600
Thainato	180	77	130	73,4	14,6	0	827	59	10,1	28,2	7610
	210	79	130	77,3	14,6	0	882	50	13,3	28,7	7570
	0	76	123	71,9	12,2	0	472	54	4,2	31,3	4313
	30	76	123	73,9	12,6	0	580	56	3,8	31,7	5178
	60	78	123	81,9	13,4	0	534	60	3,5	31,7	5910
	90	78	125	83,4	14,7	0	540	62	3,5	31,6	6623
Thaibonnet	120	78	125	87,7	17,4	0	666	66	5	31,8	8069
	150	84	130	90,2	16,4	0	603	75	4,7	31,5	8082
	180	84	130	91,2	15,1	3	626	73	4,8	31,9	7441
	210	86	135	94,5	16,3	13	597	83	6,1	30,4	7377

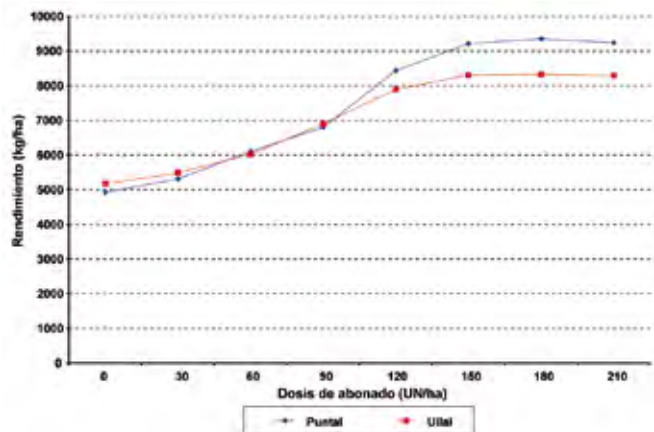


Fig. 3.13 bis- Respuesta agronómica del arroz a distintas dosis de abonado nitrogenado de fondo (Urea 46%). Finca Casudis. Isla Mayor 2005. Datos RAEA

nión, la aplicación de inoculantes no tiene ninguna influencia en el rendimiento en grano, en nuestras condiciones de cultivo.

Cuando la planta sufre deficiencia de nitrógeno los síntomas se observan mejor en las hojas más viejas (las situadas más abajo) dado que el nitrógeno es muy móvil dentro de la planta y se transloca preferentemente a las partes jóvenes y en crecimiento. Las hojas viejas cambian su color de verde a verde claro (clorosis), volviéndose más estrechas, cortas y erectas, y en casos extremos amarillean y mueren. La planta reduce su porte, su ahijamiento y el tamaño de la panícula, acortando ligeramente su ciclo a floración y a maduración. En el caso de graves deficiencias puede disminuir el peso y, sobre todo, el número de granos por panícula. Los síntomas descritos se pueden observar en toda la parcela o por rodales, dependiendo de las características del suelo.

Dosis excesivas de nitrógeno, en cambio, provocan un excesivo desarrollo vegetativo, aumentándose el número de hijos sin panícula, el riesgo de encamado, el porcentaje de granos vacíos, la susceptibilidad a enfermedades (piricularia, esclerotium, etc.) y estimulándose la proliferación de malas hierbas y algas. Además se retrasa la madurez y se reduce el rendimiento y calidad del grano, aunque se incrementa su contenido en proteínas. Todos estos daños se acentúan en caso de coberteras tardías.

Las deficiencias de nitrógeno durante el cultivo pueden ser detectadas mediante análisis foliar. Diversas investigaciones, que hemos llevado a cabo en las Marismas, han puesto a punto este método.

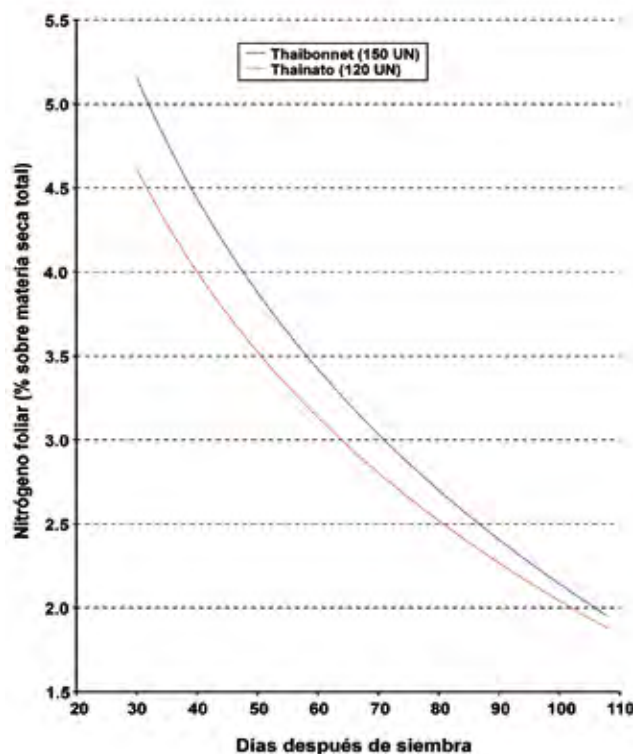


Fig. 3.14.- Evolución del contenido de nitrógeno foliar en dos variedades de arroz para sus dosis de abonado nitrogenado recomendadas. Finca Mínima. Isla Mayor, 1996.

Resultó que el incremento de abonado nitrogenado aumentaba el contenido en nitrógeno de la hoja en las dos variedades ensayadas. Igualmente se constató que el contenido de nitrógeno en hoja fue disminuyendo conforme avanzaba el ciclo vegetativo de la planta (Fig. 3.14). Para la dosis óptima recomendada en cada variedad (máximo rendimiento en grano) se determinaron los correspondientes niveles críticos e intervalos adecuados de nitrógeno foliar en los estados fenológicos de máximo ahijamiento y diferenciación de la panícula (Tabla 3.15). El menor valor del intervalo adecuado corresponde al que se obtiene con la dosis de abonado recomendada y el mayor valor es el resultado de incrementar el menor en un 15% en la fase de máximo ahijado y un 10% en la fase de diferenciación de la panícula, de acuerdo con los criterios seguidos por otros investigadores. Estos resultados deben considerarse como una posible referencia o apoyo para mejorar nuestras decisiones sobre la fertilización nitrogenada del arrozal tanto en posibles aportaciones de socorro en cobertera, durante la misma campaña, como en rectificaciones de abonado en campañas sucesivas. El valor máximo del intervalo adecuado

Tabla 3.15.- Nivel mínimo e intervalo adecuado de nitrógeno foliar¹.
Finca Mínima. Isla Mayor, 1996. Datos RAEA

Estado fenológico (días después de de la siembra)	Thaibonnet		Thainato	
	Nivel crítico ²	Intervalo adecuado	Nivel crítico ²	Intervalo adecuado
Máximo ahijado (56)	3,2	3,5 - 4,0	3	3,2 - 3,7
Diferenciación (67)	2,9	3,2 - 3,4	2,7	2,9 -3,2

1.- Expresado en porcentaje sobre la materia seca total de la hoja. Los análisis se efectúan sobre una muestra de hojas Y (las más recientemente maduradas, completamente desplegadas).

2.- Las plantas con un nivel crítico de nitrógeno foliar producen aproximadamente un 90 % del rendimiento en grano que alcanzarían dentro del intervalo adecuado.

puede ser una referencia útil para evitar excesos en la fertilización que pudieran acarrear impactos medioambientales negativos.

Si el análisis de la hoja y los síntomas de deficiencia indican que la planta necesita nitrógeno, debe aplicarse lo antes posible. Cantidades apreciables de nitrógeno no deben ser añadidas después de la diferenciación de la panícula, ya que pueden provocar los daños descritos por exceso de nitrógeno.

Las técnicas agronómicas y variedades empleadas en la zona arrocera andaluza y californiana, que disfrutan de un clima templado, tienen un notable grado de similitud, por lo que los resultados de investigación alcanzados en una de ellas son (hasta cierto grado, lógicamente) extrapolables a la otra. Por este motivo se exponen algunos resultados de un experimento que sobre el efecto del abonado nitrogenado de fondo sobre el rendimiento y el contenido foliar que llevamos a cabo en el Valle del Río Sacramento (California). El diseño estadístico fue en parcelas divididas (*split-plot*) con cuatro repeticiones, correspondiendo la parcela principal a la dosis de nitrógeno (8) y la subparcela al cultivar (5). Las dosis ensayadas fueron 0-30-60-90-120-150-180 y 210 kg/ha de nitrógeno. El diseño y los resultados alcanzados fueron parecidos a los obtenidos seis años más tarde en Isla Mayor (Sevilla), expuestos anteriormente.

La evolución del contenido en nitrógeno foliar, según variedades y dosis de abonado, se pue-

de observar en la Fig. 3.16 y la Fig. 3.17, respectivamente. Durante el período considerado, dicho contenido fue disminuyendo conforme avanzaba el ciclo vegetativo. Entre medio y máximo ahijado la disminución fue parabólica, adquiriendo posteriormente las curvas, entre máximo ahijado y di-

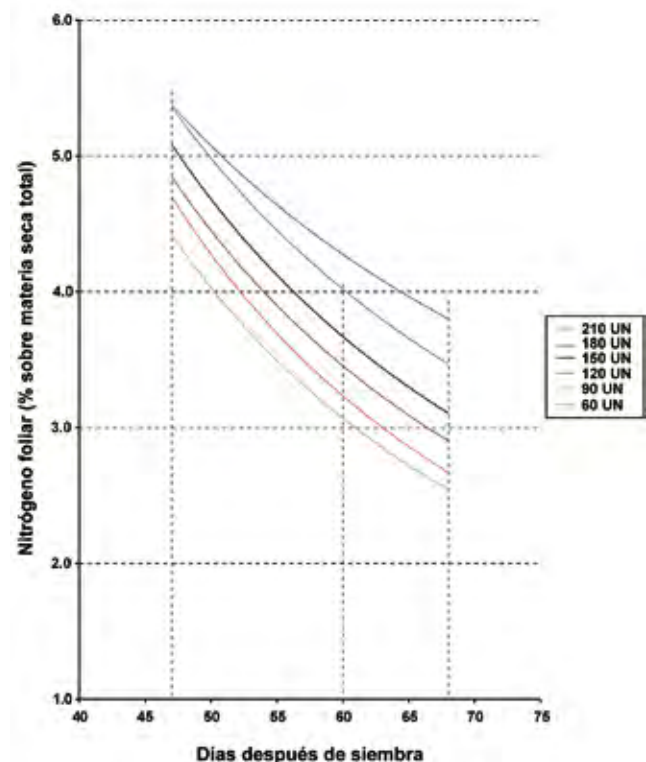


Fig. 3.16.- Evolución del contenido de nitrógeno foliar (%) según dosis en fondo de abonado nitrogenado en arroz. Media de dos cultivares. Dingville, California, 1990

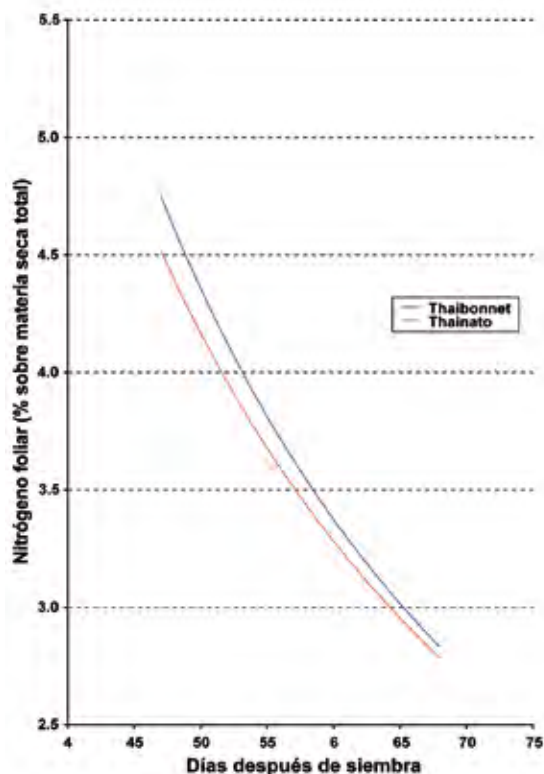


Fig. 3.17.- Evolución del contenido de nitrógeno foliar (%) según cultivares de arroz. Media de dos cultivares. Dingville, California, 1990

ferenciación de la panícula, un carácter asintótico (son paralelas al eje de abcisas). El incremento de la dosis de abonado aumentó el contenido en nitrógeno foliar en cada uno de los cinco cultivares y de las tres fechas de muestreo. Los resultados sobre nivel crítico e intervalo adecuado son cercanos a los obtenidos en la zona arrocera sevillana. Debido a la dificultad para precisar el estado fenológico de medio ahijado se suelen escoger los otros dos estados para realizar la toma de muestras foliares.

4.- Abonado fosfórico

La planta de arroz necesita fósforo a lo largo de todo su ciclo vegetativo, siendo el período de máxima absorción el comprendido entre los estados de zurrón y de floración (Tabla. 3.19). El fósforo sigue en importancia al nitrógeno tanto como nutriente como en la frecuencia de aparición de deficiencias (carencias). La inundación provoca un aumento de su solubilidad, lo que en parte explica la falta de respuesta del arroz, a corto plazo, al abonado fosfórico en suelos con riqueza media en este elemento. Las raíces absorben el fósforo en forma de ión fosfato (PO_4^{2-}). Sólo un 10-15% del fósforo contenido en el abono es absorbido por la planta, insolubilizándose el resto, que será puesto a su disposición lenta y progresivamente en las siguientes campañas. La estimulación del crecimiento de la planta causada por la fertilización fosfórica demanda cantidades adecuadas de nitrógeno a fin de obtener el máximo rendimiento en grano.

Las necesidades de abonado fosfórico pueden determinarse mediante análisis de suelo, análisis foliar y con ensayos de campo. La observación del crecimiento de la planta y la experiencia del agricultor también ayudan en el diagnóstico de una posible deficiencia. Suelos con menos de 6-9 partes por millón (ppm) de riqueza en fósforo (P) se consideran deficientes, debiéndose aplicar abonado fosfórico (Tabla 3.9). Con 10-30 ppm de riqueza se estima que poseen una riqueza media. Por encima de 30 ppm el suelo es muy rico en este nutriente (destacamos que, en este caso, la

Tabla 3.18.- Nivel mínimo e intervalo adecuado de nitrógeno foliar¹. Dingville, California, 1990

Estado fenológico (días después de de la siembra)	Thaibonnet		Thainato	
	Nivel crítico ²	Intervalo adecuado	Nivel crítico ²	Intervalo adecuado
Medio ahijado (46)	4,8	5.1 - 6.1	5,2	5.4 - 6.4
Máximo ahijado (59)	3,0	3.4 - 3.9	3,2	3.5 - 4.0
Diferenciación de la panícula (67)	2,8	3.3 - 3.6	2,9	3.1 - 3.4

1.-El análisis sobre la materia seca de la hoja más reciente. Método de Kjeldahl..

2.- Las plantas con un nivel crítico de nitrógeno foliar producen aproximadamente un 90 % del rendimiento en grano.

Tabla 3.19.- Nivel mínimo adecuado del fósforo y el potasio foliares en arroz* según D. S. Mikkelsen

Estado Fenológico	Fósforo extraíble (ppm)		Potasio extraíble (%)	
	Nivel crítico**	Intervalo adecuado	Nivel crítico ²	Intervalo adecuado
Mitad de ahijamiento	1000	1000 - 1800	1,4	1,4 - 2,8
Máximo ahijado	1000	1000 - 1800	1,2	1,2 - 2,4
Iniciación de la panícula	800	800 - 1800	1,0	1,2 - 2,4
Hoja bandera	800	800 - 1800	1,0	1,2 - 2,2

* Valores medios orientativos. Método de extracción de iones fosfato y potásico mediante ácido acético 2%. Una parte por millón (ppm) es igual al tanto por ciento (%) dividido por 10.000.

** Las plantas con un nivel crítico de un nutriente producen aproximadamente un 90 % de su máximo rendimiento. Según D.S. Mikkelsen. California

riqueza viene expresada en partes por millón y de fósforo elemental, no de anhídrido fosfórico)

El análisis foliar es también un método auxiliar, y relativamente rápido, para estimar las necesidades de abonado fosfórico. El nivel crítico de fósforo en hoja disminuye con la madurez de la planta. El fertilizante fosforado debe ser aplicado cuando el contenido (en la vaina de la hoja- Y) desciende de 800 ppm, en el estado fenológico de diferenciación de la panícula (Tabla 3.19).

Durante cinco años hemos ensayado la respuesta agronómica y fisiológica del arroz a diversas dosis de abonado fosfórico en condiciones de “medio-alto contenido inicial de fósforo en suelo” (alrededor de 30-32 ppm), registrando, para cada tratamiento (dosis), la evolución del contenido de fósforo tanto en suelo como en hoja (Fig. 3.20 y 3.21), además de la respuesta productiva del cultivo. Los experimentos se llevaron a cabo en una parcela de suelo arcillo-limoso, con un pH (tomado

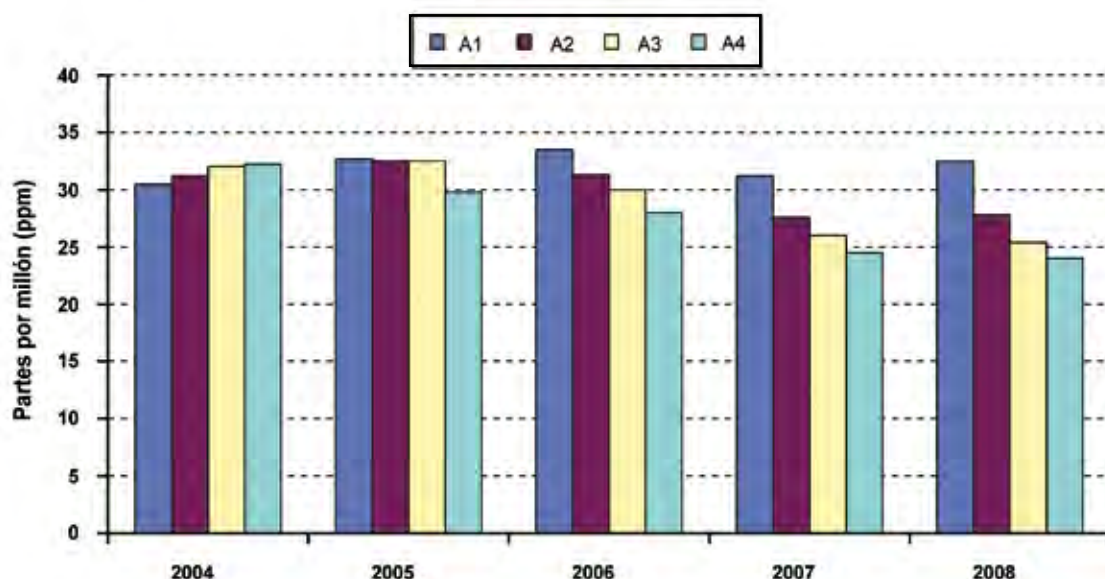


Fig. 3.20.- Evolución del contenido de fósforo (ppm) asimilable (Olsen) en suelo, por tratamiento y año (período 2004-2008). Finca Casudis, Puebla del Río (Sevilla)

en terreno seco) cercano a 8, rico en magnesio y potasio, y con valores medios en carbonatos, caliza activa, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica y nitrógeno. El abono fosfórico empleado fue superfosfato de cal del 18%, aplicado a mano (Fig. 3.23). Las restantes prácticas culturales fueron, lógicamente, las habituales en la zona. Es de destacar que no se encontraron diferencias significativas entre las distintas dosis de abono fosfórico (incluido el tratamiento testigo, sin abonar), en ninguno de los cinco años de ensayo, ni en lo relativo al rendimiento en grano y su calidad industrial ni en los restantes parámetros agrofisiológicos registrados (ciclo a floración, altura de la planta, porcentaje de encamado, componentes del rendimiento y humedad del grano en recolección).

En la Fig. 3.20 se muestra la evolución (a lo largo de los cinco años) del contenido en fósforo asimilable del suelo, para cada una de las dosis de abonado. Los análisis de 2004 (la toma anual

de muestras se realizó en suelo seco y antes del abonado de fondo) indican que el contenido inicial de fósforo en la parcela experimental era medio-alto y homogéneo (30-32 ppm). También se aprecia muestra un descenso lento, pero significativo, del contenido en fósforo en la parcela A4 (testigo sin abonar), desde 32,2 ppm en 2004 a 24 ppm en 2008. Dicho descenso fue menor en el tratamiento A3 (90 UF de P_2O_5 cada dos años, sin aplicación de abonado fosfórico en 2005 y 2007). En cambio, no hubo variación significativa de la riqueza en fósforo asimilable del suelo en el caso del tratamiento A1 (90 unidades fertilizantes por año), siendo dicha variación de pequeña cuantía, no significativa, en el tratamiento A2 (60 unidades anuales).

Dado que la mayoría de los investigadores sitúan el valor crítico de fósforo asimilable en suelo alrededor de 6-9 ppm, estos resultados concuerdan con la falta de respuesta productiva del cultivo a la fertilización fosfórica, en las condiciones ensayadas. En cualquier caso, hay que

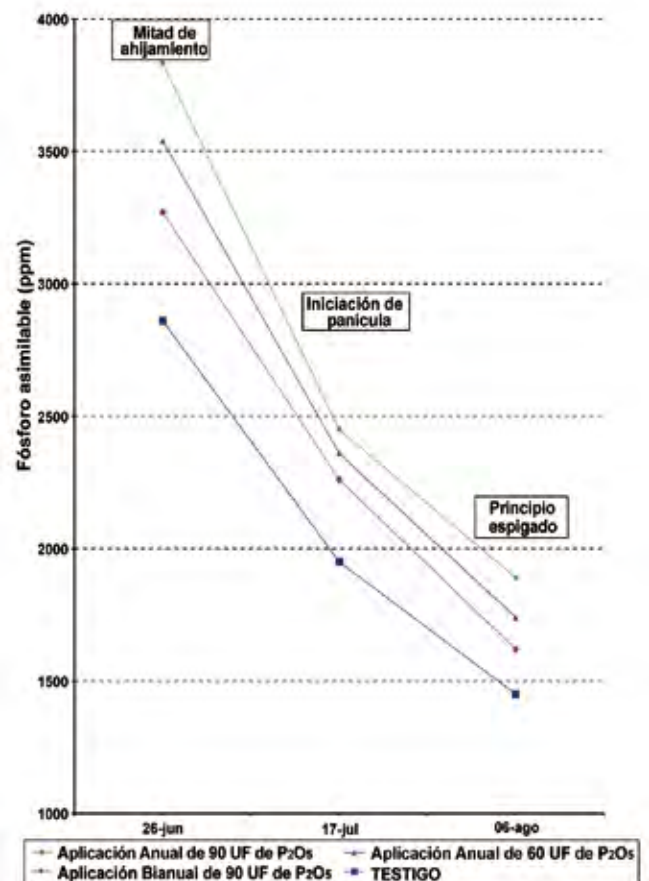
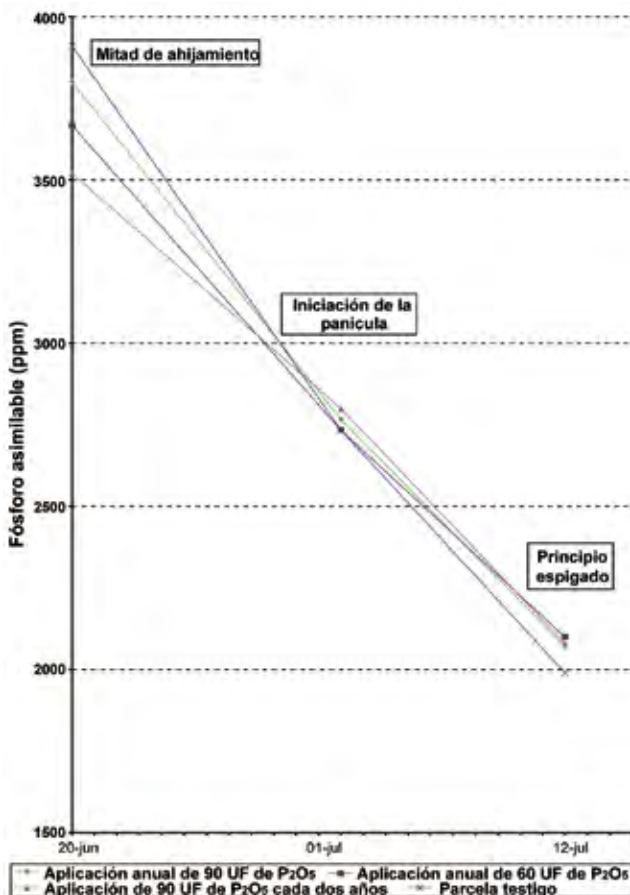


Fig. 3.21, Evolución del contenido de fósforo (P) en hoja de arroz. Media de 3 repeticiones. Finca Casudis. Puebla del Río, (de izquierda a derecha, campañas 2004 y 2008)



Fig. 3.22.- Sembrando a mano las parcelas del ensayo sobre abonado fosfórico. Finca Casudis. Puebla del Río, 2006



Fig. 3.23.- Cosechando los campos de ensayo sobre abonado fosfórico. Finca Casudis. Puebla del Río, 2006

ser prudentes y valorar también el descenso en la riqueza en fósforo (y por tanto de la fertilidad de nuestro suelo) a la hora de tomar decisiones de abonado, ya que aumentar el contenido en fósforo de un suelo pobre en este elemento también es una labor lenta y costosa.

En la Fig. 3.21 se observa la evolución de los contenidos en fósforo foliar, en tres estados fenológicos del cultivo, durante la primera y última campaña de ensayos. Se aprecia una disminución en el contenido de fósforo en hoja conforme avanza el ciclo vegetativo de la planta, independientemente de la dosis aplicada y del año. En el primer año de ensayos (2004) la evolución del fósforo foliar fue prácticamente coincidente en los cuatro tratamientos, incluido el testigo. Sin embargo, en el quinto año (2008) podemos apreciar una clara divergencia en el trazado de las cuatro curvas de evolución, de forma que a mayor dosis de abonado fosfórico corresponden mayores valores de fósforo foliar, en cada uno de los tres estados fenológicos. Es de resaltar que aunque en la parcela

testigo se aprecia una disminución significativa del contenido en fósforo foliar a lo largo del período de duración de los experimentos, los valores alcanzados, en cada uno de los tres estados fenológicos, se encuentran aún dentro de los intervalos adecuados recomendados por la mayoría de los investigadores (Tabla 3.19), lo cual también nos ayuda a explicar la falta de respuesta productiva del arroz, en las condiciones ensayadas.

Los principales abonos fosfóricos (fosfatos) que se aplican actualmente en el arrozal de Las Marismas son el superfosfato de cal del 45%, el fosfato diamónico, el superfosfato de cal del 18% así como mezclas y complejos. Una cuarta parte de la zona arrocerá se abona sólo con nitrógeno. En las tres cuartas partes restantes se aplica nitrógeno y fósforo así como, en algunos casos, azufre, calcio (elementos secundarios) y con aún menos frecuencia algunos microelementos. Entre los principales abonos fosfatados existen pequeñas diferencias en cuanto a la disponibilidad de su fósforo para la planta, siempre que sean aplicados en el momento adecuado y situados en la zona radicular. Los fertilizantes que contienen su fósforo en la forma más soluble en agua son los más efectivos, aunque el precio de la unidad de anhídrido fosfórico suele ser decisivo a la hora de la elección del abono.

Es frecuente la aplicación de 500 kg/ha de superfosfato del 18% cada dos años o incluso anualmente. La fertilización se podría demorar algunos años en suelos con alto contenido en fósforo (debido a su riqueza natural en este elemento y/o a causa de aplicaciones, elevadas y sistemáticas en campañas anteriores), como los resultados anteriormente expuestos parecen confirmar. En suelos ligeramente deficientes, o si pretendemos restituir las extracciones de la cosecha, puede aplicarse una media de 50-60 unidades de P_2O_5 por hectárea y año, aunque para corregir severas deficiencias serían necesarias del orden de 80-90 unidades.

La aplicación del abonado fosfórico se realiza antes de la siembra. Se distribuye con abonadora centrífuga sobre el terreno seco y se incorpora con alguna de las últimas labores. La mayor parte del fósforo permanece en el mismo lugar donde es aplicado, por lo que conviene situarlo al alcance de las raíces de las plántulas de arroz (3-

10 cm de profundidad). El abono no incorporado estimula el crecimiento de las algas, así como de *Echinochloa sp.* (colas) y de otras malas hierbas. Aunque el fósforo es más efectivo si se aporta antes de la inundación, también podría ser aplicado, sólo en caso necesario (de socorro), en cobertera, lo antes posible (no más tarde de la iniciación de la panícula).

Los síntomas de deficiencia aparecen alrededor de las tres semanas después de la siembra, retardándose el crecimiento de la plántula y su emergencia del agua, sobre todo si el tiempo es frío, debido a la menor absorción radicular. Las hojas inicialmente amarillean, pero rápidamente cambian a verde grisáceo. Se estrechan, se acortan, se enrollan y se hacen quebradizas, aunque permanecen erectas. Las hojas viejas pueden morir dado que el fósforo, como el nitrógeno, se concentra en los tejidos jóvenes. Se reduce gravemente el sistema radicular, el ahijamiento y la altura de la planta, que toma finalmente un color verde azulado. Se retrasa el espigado y la maduración, disminuyendo la producción. Las deficiencias son más frecuentes en suelos ligeros, de bajo contenido en este nutriente, y donde se ha cultivado arroz durante varios años sin haber aplicado fertilizantes fosforados.

5.- Abonado potásico y de otros nutrientes

El potasio favorece la maduración del grano, aumenta su porcentaje en enteros y la resistencia de la planta al encamado y a las enfermedades. La planta absorbe una cantidad similar de potasio que de nitrógeno; sin embargo, debido a la riqueza de nuestros suelos, el abonado potásico raramente se aplica.

Los niveles críticos, tanto en suelo como en hoja, se muestran en las tablas 3 y 6 respectivamente. Los suelos con contenidos en potasio (K) entre 150 y 300 ppm se consideran de riqueza media en este elemento, siendo muy ricos los que superan las 300 ppm. En caso de deficiencia se pueden aplicar 60-120 unidades de potasa (K_2O) en forma de cloruro potásico o formando parte de alguna mezcla o abono complejo. Aunque el abonado es más efectivo antes de la inundación, también puede realizarse en cobertera, preferentemente no más tarde de la iniciación de la panícula.

Las deficiencias de potasio pueden ocurrir sin síntomas foliares claros, ya que las plantas frenan ligeramente su desarrollo y ahijamiento. En casos extremos las hojas toman un color verde oscuro, formándose después pequeñas manchas marrón-rojizas a lo largo del nervio central, que se van alargando progresivamente hacia su base. Los síntomas más severos aparecen en las hojas más viejas, que pueden llegar a marchitarse y morir.

En la zona arrocerá andaluza no se realizan enmiendas calizas ya que normalmente el terreno suele ser rico en calcio. Los suelos, generalmente, están suficientemente provistos de magnesio, manganeso y cobre. El azufre y el calcio son aplicados con cierta frecuencia como parte de los fertilizantes. Además, sólo pequeñas cantidades de ambos elementos son extraídas por el grano, permaneciendo la mayor parte en la paja y por tanto en el terreno. Rara vez los análisis muestran contenidos deficitarios en hierro y con baja frecuencia en zinc.

En suelos con pH superior a 8.2 (normalmente por exceso de carbonato cálcico o de sodio) pueden darse deficiencias de hierro, cuyos síntomas suelen aparecer a las 3 ó 4 semanas de la inundación. Pequeñas áreas, y luego la hoja entera, se vuelven de color amarillo pálido o blanquecino (clorosis). En casos extremos la planta muere 2 ó 3 semanas más tarde. Dado que el hierro es poco móvil dentro de la planta las hojas más viejas (las de la base) conservan un color verdoso. Dependiendo de las características del suelo, puede verse afectada buena parte de la parcela o sólo algunos rodales.

El zinc es un nutriente esencial, formando parte de diversos enzimas que son necesarios



Fig 3.24.- Deficiencia de zinc. Plantas debilitadas, escaso ahijamiento y clorosis. Conforme las hojas amarillean aparecen manchas marrones en las puntas

para el crecimiento y el desarrollo de la planta. Aunque pequeñas cantidades de este microelemento satisfacen las necesidades del arroz, no es raro encontrar síntomas de deficiencia, que pueden observarse en toda la parcela o distribuidos irregularmente en rodales.

El análisis del contenido de zinc (Tabla 3.9), con toma de muestras antes de la inundación, y la determinación del pH del suelo son esenciales para determinar la necesidad de su aplicación. El arroz cultivado en suelos con una concentración de zinc inferior a 0.5 ppm normalmente responde a una enmienda de zinc. Las deficiencias más severas ocurren en terrenos calcáreos o con pH cercanos o superiores a 8, aunque síntomas más ligeros pueden observarse en suelos algo menos básicos. Los suelos alcalinos (que tienen un alto contenido en sodio) poseen un $\text{pH} > 7$ denominado básico o también alcalino. Dada la relación entre la alcalinidad del suelo y la deficiencia de zinc, ésta se suele denominar “enfermedad del álcali”. Los daños pueden ser especialmente graves en parcelas que han sufrido un fuerte rebaje de nivelación, ya que el suelo ha perdido su rica capa superficial dejando al descubierto otra más pobre y alcalina, por lo que es aconsejable su análisis. Un alto contenido de fósforo o de materia orgánica en el suelo, así como de bicarbonatos en el agua de riego (más de 4 miliequivalentes por litro), pueden provocar la insolubilización o inmovilización del zinc. Estos altos niveles de bicarbonato normalmente no se encuentran en aguas procedentes del Guadalquivir pero pueden alcanzarse en aguas de pozo.

Los primeros síntomas de deficiencia de zinc aparecen a las tres o cuatro semanas de la siembra, cuando se han acabado las reservas del endospermo y las hojas emergen del agua. Las plántulas amarillean y se debilitan, tendiendo sus hojas a flotar en vez de crecer derechas. En caso de severas deficiencias aparecen manchas de color marrón oscuro en las hojas. Las plantas pueden llegar a morir a los 40-50 días de la siembra, dando lugar a rodales donde proliferarán las malas hierbas y que, además, son focos de atención de las aves acuáticas, con los consiguientes daños y pérdidas de cosecha adicionales. Las bajas temperaturas disminuyen la actividad radical agudizando posibles deficiencias. Cuando la deficiencia es ligera y la temperatura adecuada la

planta puede recuperar su verdor normal al desarrollar sus raíces en profundidad y extraer mayor cantidad de zinc; sin embargo, en estas condiciones, se retarda el desarrollo de la planta, que ahija menos y madura más tarde que las sanas. Tratar de distinguir si la deficiencia es ligera o severa es un riesgo, dado que las plántulas pueden morir en poco tiempo, siendo por tanto conveniente aplicar el tratamiento antes o en cuanto se observen los primeros síntomas.

Las correcciones de zinc deben efectuarse inmediatamente antes de la inundación o poco después (no más de veinte días) de la siembra. Pueden ser aplicadas al suelo en forma líquida o granular, incluso acompañando a otros nutrientes. Debe evitarse su incorporación, o bien llevarla a cabo muy ligeramente, ya que ésta reduce la concentración del zinc disponible para la plántula. Las aplicaciones líquidas son más fáciles de distribuir uniformemente, mientras que las granulares requieren una dosis algo mayor, especialmente cuando se llevan a cabo por avión. Parece ser que el lignosulfato de zinc es la fuente más efectiva para corregir las deficiencias, seguida por diversos compuestos de este elemento (sulfato, óxido, quelatos, etc.), aunque en las dosis apropiadas todos cumplen su función correctora. La dosis depende de la fuente (materia activa), formulación, método de aplicación y severidad de la deficiencia. El arroz responde a dosis pequeñas (2 kg/ha) aunque cantidades de 10-15 kg, e incluso algo superiores, suelen ser aconsejables para facilitar su distribución. Por otro lado, las dosis excesivas pueden causar fitotoxicidad.

El análisis de la planta de arroz puede ser un método auxiliar para confirmar la deficiencia de zinc. La determinación se realiza tomando la planta entera, no sólo las hojas. Parece ser que su valor crítico se encuentra entre 18 y 20 ppm de zinc. Mientras se reciben los resultados del laboratorio las plantas pueden llegar a estar demasiado debilitadas para responder al abonado por lo que en caso de síntomas claros de deficiencia puede ser conveniente aplicar rápidamente, por avión, un compuesto de zinc en cobertera.

Conviene confirmar la sospecha de deficiencia o toxicidad de cualquier nutriente mediante análisis de suelo y/o de hoja, ya que otros desórdenes pueden provocar síntomas similares.



Fig. 3.25.- Carro esparcidor de compost. Compost maduro

6.- Fertilizantes orgánicos

Son los que no se obtienen por síntesis industrial. Nos referimos a los restos de cosecha, estiércol, compost procedentes de residuos sólidos urbanos, así como a diversas enmiendas o correctores orgánicos.

La materia orgánica de origen vegetal aplicada al suelo se transforma parcialmente en humus en las primeras etapas de su largo proceso de mineralización. El humus se forma por la unión de productos resultantes de la oxidación microbiana de la celulosa y de la lignina junto con proteínas procedentes de la descomposición de dichos microbios y de los residuos vegetales. Los residuos animales y de cualquier materia orgánica que no contengan celulosa no aumentan, por sí mismos, el contenido de humus del terreno; sin embargo contribuyen a la nutrición de la flora microbiana y junto con los restos vegetales del suelo colaboran en la formación del humus. La velocidad de humificación depende de la temperatura, de la oxigenación y de las características físicas del suelo. Sus efectos se aprecian a los dos o tres años de la incorporación de la materia orgánica de origen vegetal.

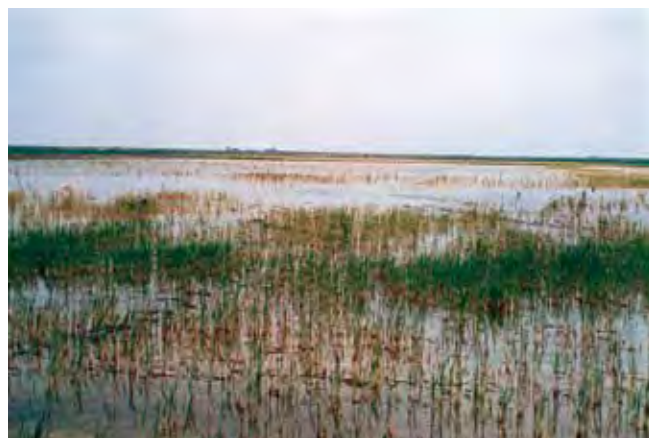


Fig. 3.26.- Efectos causados por la incorporación de compost muy inmaduro

El estiércol, que contiene paja u otros productos celulósicos, mejora la estructura del suelo, su capacidad de intercambio catiónico, su actividad microbiana y, en resumen, su fertilidad.

Algo más frecuente (y barato) que el estercolado (que prácticamente no se utiliza) es la aplicación de compost procedente de residuos sólidos urbanos (RSU o basuras), con riqueza variable en materia orgánica, de origen vegetal y/o animal. Esta enmienda, a pesar de que a menudo contienen una excesiva cantidad de plásticos, vidrios y otras materias inertes, suele dar buenos resultados, especialmente en los terrenos menos fértiles.

El compostaje es un proceso biooxidativo por el cual la materia orgánica de las basuras es descompuesta bajo condiciones controladas, con liberación temporal de fitoxinas, que conduce a la producción de CO_2 , H_2O , minerales y materia orgánica estabilizada (compost). Las basuras bien compostadas mejoran el suelo e incrementan la producción. Los compost maduros van adquiriendo una coloración oscura, casi negra, reduciendo su temperatura hasta alcanzar la ambiental en toda su masa, por lo que no se producen recalentamientos cuando se voltean. Tienen un olor característico a tierra mojada; en cambio los inmaduros desprenden malos olores. La falta de madurez que presentan a veces los compost utilizados en agricultura suelen derivar de un proceso de compostaje imperfecto (mala aireación, humedad insuficiente), o incompleto, debido a la excesiva premura por sacarlos al mercado.

Los síntomas causados por la aplicación de compost inmaduros empiezan a observarse más o menos al mes de la nacencia. La descomposición

de la materia orgánica (fermentación) produce gases y ácidos orgánicos tóxicos para el arroz, con su mal olor característico, que burbujan hacia la superficie del agua. La deficiencia de oxígeno generada por estas condiciones dificulta aún más el desarrollo y nutrición de la planta. Las temperaturas del suelo inundado donde se ha aplicado el compost inmaduro son apreciablemente superiores a las propias de los fertilizados con compost maduro. La fitotoxicidad se manifiesta en un menor desarrollo foliar, con amarillez y muerte progresiva de la hoja, que comienza desde la punta y los márgenes. Las raíces, aunque aumentan en grosor, reducen su longitud y ramificación. Todo ello se traduce en un escaso desarrollo vegetativo e incluso en una considerable pérdida de plantas, con aparición de rodales. En los lugares de la parcela donde se amontona el compost, antes de su distribución, es frecuente observar, pocas semanas más tarde, una menor densidad de plantas.

En parcelas poco fértiles algunos arroceros aplican enmiendas o correctores orgánicos líqui-

dos, que pulverizan con máquina de tratamientos, simultáneamente o poco después del abonado, incorporándolos ligeramente con un pase de rastra. También existen en el mercado suspensiones de abonos químicos con un pequeño porcentaje de materia orgánica (ácidos húmicos y fúlvicos). Sus efectos sobre la estructura y fertilidad del suelo son menos duraderos que los causados por enmiendas de mayor riqueza en materia orgánica de origen vegetal.

El nitrógeno de procedencia orgánica tiene un efecto lento y duradero sobre el cultivo. La eficacia del fósforo orgánico es superior a la del de origen mineral. Estas aportaciones de nutrientes de origen orgánico han de tenerse en cuenta a la hora de dosificar el abonado mineral. Los abonos orgánicos comerciales deberían llevar indicaciones sobre su riqueza nutritiva y contenido en elementos metálicos que, por acumulación, pueden causar fitotoxicidad al arroz.



Variedades y siembra

Variedades y siembra

Uno de los medios más eficaces para obtener elevados rendimientos y excelente calidad de grano es la utilización de variedades comerciales (cultivares) bien adaptadas a las condiciones de cultivo de la zona. El uso de semilla de calidad, seleccionada o certificada, es conveniente para que la variedad exprese su potencial productivo.

El arrocero dispone de un amplio número de cultivares que difieren en la duración de su ciclo vegetativo, su tipo de grano, vigor inicial, tolerancia a las bajas temperaturas, en su susceptibilidad al encamado, plagas y enfermedades, en su rendimiento y calidad de grano, y en otras muchas características.

Numerosos factores afectan a la germinación, desarrollo y densidad de plántulas de una parcela. Dicha densidad, tras el correspondiente ahijamiento, determinará el número de panículas por unidad de superficie, componente básico del rendimiento en grano.

1.- Variedades

La casi totalidad de la superficie arrocera andaluza se siembra con las tradicionales variedades homocigóticas, cuyas semillas reproducen, año tras año, las características de la planta (variedad) de la que proceden. El resto (alrededor de 500 ha) se dedica a variedades híbridas (que son híbridos simples, como los del maíz), que dan lugar

a una primera generación de plantas iguales (llamada F1), aunque en la siguiente multiplicación o generación (llamada F2), es decir, en la siguiente campaña, se pierde dicha uniformidad de plantas.

Existen multitud de caracteres (morfológicos, fisiológicos, bioquímicos, etc.) que diferencian a las distintas variedades. Las consideraciones comerciales, además de las agronómicas, son decisivas a la hora de seleccionar la variedad a sembrar, la cual condicionará las diversas prácticas de cultivo.

1.1.- Características

Algunas variedades son interesantes debido a que sus granos poseen alguna cualidad específica o sobresaliente. Por ejemplo, hay granos más o menos largos, de aspecto cristalino o harinoso, incluso yesoso, aromáticos, glutinosos, de alto valor nutritivo, especialmente aptos para los procesos industriales de vaporización (*parboiling*) o de cocción rápida (*quick*), etc. Analizaremos, con detenimiento, estos atributos de la calidad del grano (y otros muchos, como su contenido en amilosa, rendimiento en enteros, tipos comerciales, etc.), en el capítulo dedicado al procesamiento industrial y calidad.

Además de la calidad del grano, existen otros muchos caracteres varietales de importancia agronómica, tales como la disposición de sus

hojas (más o menos erectas u horizontales), la adecuación de la longitud de su ciclo vegetativo al clima de la zona, su capacidad genética de ahijamiento, su nivel de tolerancia al encamado, a la salinidad y a las bajas temperaturas, su grado de susceptibilidad a plagas, enfermedades y al desgrane, la maduración más o menos escalonada de los granos de sus panículas y, por supuesto, su rendimiento en grano.

Las hojas de porte erecto permiten una mayor incidencia de la luz sobre la planta (menor sombreado), especialmente sobre su parte inferior, con el consiguiente incremento de su actividad fotosintética. Además decrece el riesgo de ataque de enfermedades, al mejorarse la aireación y, por tanto, disminuir la humedad relativa ambiental. Es interesante que la planta se conserve verde el mayor tiempo posible (*stay green*), en otras palabras, que no se seque pronto la paja (paja muerta) a fin de alargar al máximo la función clorofílica y la acumulación de materia seca en el grano.

Para cada variedad se denomina “ciclo a un determinado estado fenológico” al número de días que transcurren desde la siembra hasta alcanzar dicho estado fenológico. Así pues, el ciclo a maduración comercial de una variedad es el tiempo que transcurre desde su siembra hasta su cosecha (madurez comercial). Desde este punto de vista podemos clasificar las variedades en cuatro grupos: las de ciclo muy corto o muy temprano (125-135 días); las de ciclo corto o temprano (135-145 días); las de ciclo medio (145-155 días) y las de ciclo largo o tardío (más de 155 días). También podemos hablar de otros ciclos como, por ejemplo, de ciclo a 50% de espigado, de ciclo a floración (50% de flores abiertas), de ciclo a madurez fisiológica (que es cuando el grano alcanza el 32% de humedad), etc. La duración de cualquier ciclo está afectada por las condiciones agroambientales. En nuestras condiciones de cultivo, el espigado tiene lugar unos tres meses después de la siembra, con oscilaciones de hasta 15-20 días, en función de la variedad, de las condiciones climáticas (principalmente la temperatura) y agronómicas (fecha de siembra, abonado, etc.). Entre dos variedades que poseen el mismo ciclo a espigado suele haber pequeñas diferencias (no más de 4 ó 5 días) en su ciclos a madurez comercial, aunque existen excepciones, como es el caso de algunas varie-

dades híbridas que alargan su fase de llenado y maduración de grano (alrededor de una semana) en comparación con variedades tradicionales de similar ciclo a espigado.

Las variedades muy tempranas, y en menor grado las tempranas, son poco sensibles (algunas incluso insensibles) al fotoperíodo, mientras que las de ciclo medio y tardío suelen necesitar un acortamiento de la longitud del día (del número de horas de sol) para florecer. Las variedades tempranas tienen, por dicha razón, un ciclo a maduración más estable. El adelanto o retraso de la fecha de siembra afecta más a la duración del ciclo de las variedades más tardías. En las regiones frías suelen cultivarse variedades de ciclo muy corto y tolerantes a las bajas temperaturas. Variedades de ciclo algo más corto que las habituales pueden también convenir en caso de siembras muy retrasadas. En cambio, en zonas de clima más cálido, las variedades más cortas de ciclo corren el riesgo de madurar con temperaturas extremadamente altas, con la consiguiente disminución en su rendimiento y calidad de grano.

Es interesante y racional el sistema de denominación varietal que emplean los centros oficiales de investigación de arroz en California, de forma que el nombre de una variedad consta de una letra seguida de un guión y tres cifras. La letra indica la longitud del grano, pudiendo ser la L (de long, largo), la M (de medium, medio) o la S (de short, que significa corto). La primera cifra (la de las centenas) nos indica el ciclo de la variedad, siendo 1 si es muy corto, 2 corto, 3 medio y 4 en caso de ciclo largo. Las dos siguientes cifras (centenas y unidades) nos informan del orden de aparición (es decir, de registro) de la variedad desde la implantación de este sistema, hace unos veinte años. Por ejemplo la variedad L-202 (nuestra Thaibonnet) es una variedad de grano largo, de ciclo temprano y fue la segunda (02), de entre las variedades largas y ciclo temprano, a la que se le aplicó esta forma de nombrarlas. Otros ejemplos son la variedad M-203 o la S-401.

El grado de ahijamiento de una variedad viene determinado genéticamente, pero su expresión está muy condicionada por las condiciones agroambientales (preparación del terreno, abonado, dosis de siembra, temperatura del aire, temperatura y altura de la lámina de agua, etc.).

El grado de tolerancia al encamado está relacionado con ciertas características de la planta. Un extenso y profundo sistema radicular (buen anclaje), hojas erectas, tallos cortos, robustos y elásticos, vainas gruesas (aún mejor si tallos y vainas son resistentes a la podredumbre de la base de la planta) y panículas poco pesadas suelen ser claros síntomas de baja susceptibilidad al “vuelco”. No siempre las variedades más tolerantes reúnen la totalidad de estos rasgos (Puntal es una variedad relativamente alta pero se encama poco ya que posee los restantes caracteres favorables). El encamado se ve favorecido por el viento y la lluvia, por el exceso de abonado nitrogenado, por la acción de determinados hongos que atacan a la base del tallo (principalmente *Sclerotium oryzae*) y por la utilización de niveles excesivos de agua de riego (que provocan el alargamiento del tallo). Por el contrario, niveles bajos de la lámina de agua en la tabla estimulan el desarrollo del sistema radicular (que en estas condiciones dispone de más oxígeno) y, por tanto, incrementan la resistencia de la planta al vuelco (encamado).

Se pueden distinguir tres tipos de encamado (que pueden darse aislada o conjuntamente): el fisiológico o genético, el provocado por el ataque de enfermedades y el causado por deficientes prácticas culturales o por accidentes climáticos. También se puede diferenciar entre encamado temprano y tardío. El tardío tiene lugar cerca de la cosecha, debido principalmente al incremento del peso (llenado) de la panícula. El temprano, mucho más dañino, es síntoma inequívoco de una grave susceptibilidad varietal.

Un alto grado de encamado (panículas en contacto con el agua) debilita a la planta y le provoca pérdidas en su rendimiento (grano no cosechado) y calidad (grano más húmedo y sucio), entorpece y retrasa la recolección y aumenta los gastos de secadero. Las pérdidas de calidad se reflejan principalmente en una disminución del rendimiento industrial en granos enteros y en un aumento del porcentaje de granos defectuosos (germinados, manchados, inmaduros, etc.). Las variedades de talla baja (semienanas), que suelen tener mayor resistencia al encamado, producen menos paja y responden mejor a altas dosis de abonado nitrogenado (lo que acarrea un mayor potencial productivo); en cambio son menos com-



Fig. 4.1.- Encamado

petitivas con las malas hierbas y más propensas a los ataques de pájaros y roedores.

A partir del nitrógeno absorbido por las raíces, las plantas son capaces de sintetizar aminoácidos, necesarios para la formación de proteínas (que son cadenas de aminoácidos). Algunas variedades poseen una baja capacidad de síntesis proteica, lo que trae consigo un alto contenido de aminoácidos libres en sus tejidos, lo que provoca un excesivo desarrollo vegetativo de la planta y una mayor susceptibilidad al encamado y a las enfermedades. Las variedades Tipo Indica actualmente utilizadas en Andalucía (Puntal y Thaibonnet) parecen tener una mayor capacidad de síntesis proteica que las Japónicas tradicionales y responden mejor a las fuertes aplicaciones nitrogenadas.

Las variedades también responden de forma diferente al cultivo en condiciones salinas (al estrés salino), tanto de suelo como de agua, cuestiones que trataremos en el capítulo dedicado al riego. Factores como el grado de permeabilidad a la sal de las membranas celulares, la capacidad de excreción de sales por las raíces y de su acumulación en las hojas más viejas, así como la longitud del ciclo vegetativo (las variedades de ciclo más corto están lógicamente menos tiempo expuestas a las condiciones de estrés salino, del que pueden en parte “escaparse”) se encuentran entre los principales mecanismos que parecen explicar la distinta respuesta varietal.

Una variedad manifiesta su mayor o menor tolerancia a las bajas temperaturas principalmente durante dos períodos críticos, el de germinación-plántula y el de zurrón-floración. Las semillas de las variedades que son tolerantes al frío en sus

primeros estados de desarrollo conservan durante más tiempo su capacidad germinativa y manifiestan mayor vigor inicial (“vigor temprano”), lo que disminuye la pérdida de plántulas, provocada por ataques de hongos, insectos, algas y la competencia con malas hierbas. Este rápido desarrollo inicial es aún más conveniente en las variedades tipo Indica, dada su mayor sensibilidad al frío durante su fase de establecimiento. Durante el período de floración, las diferencias en el grado de tolerancia a temperaturas extremas entre las variedades Japónicas y las de tipo Indica utilizadas en Andalucía son, en general, menos acentuadas.

Para una determinada enfermedad, cada variedad de arroz muestra diferente grado de susceptibilidad. Es más, una variedad suele tener distinta tolerancia a cada raza de un hongo, por ejemplo de piricularia. Cuando hablemos de enfermedades veremos cómo determinados factores fisiológicos (grado de penetrabilidad de la epidermis, hipersensibilidad, etc.) están en la base de estas diferencias. Por otro lado, el medio ambiente, incluidas las prácticas de cultivo, tiene una influencia decisiva en la severidad de los ataques. También existen variedades más o menos susceptibles al ataque de una plaga específica (por ejemplo pulgón), principalmente por motivos morfológicos y fisiológicos. Ya hemos comentado que algunas variedades, que cubren mejor el terreno (dejan menos espacio y luz), se defienden mejor de la competencia de las malas hierbas.

Una maduración lo menos escalonada posible de los granos de cada panícula (y entre las propias panículas de nuestra tabla de arroz) favorece la cantidad y, sobre todo, la calidad de la cosecha (a causa de menores diferencias de humedad entre los granos cosechados así como de mayor rendimiento industrial en granos enteros). Los granos de arroz carentes de pelos y aristas tienen menor porcentaje de cascarilla, están menos expuestos al ataque y desarrollo de hongos (al retener menos humedad) y, por ello, se cosechan un poco antes.

El potencial productivo de una variedad está determinado por numerosos genes, los cuales regulan diversos procesos fisiológicos. Una alta capacidad fotosintética y un reducido índice de respiración son básicos para obtener altos ren-

dimientos en grano. El medio ambiente se encarga de limitar dicho potencial.

1.2.-Adaptabilidad y degeneración

En sentido amplio, la adaptabilidad o plasticidad de una variedad es su capacidad de mantener, dentro de un intervalo razonable, sus buenas características agronómicas independientemente del lugar y del año. Esta capacidad depende de un amplio número de genes, poco estudiados, que regulan los principales procesos fisiológicos de la planta. El rendimiento de una variedad de escasa plasticidad sufriría oscilaciones exageradamente altas según el tipo de suelo y de clima donde se cultive. Es obvia la dificultad de obtener variedades que combinen una alta producción y adaptabilidad a diversos ambientes. Desde otro punto de vista, además de variedades plásticas es también necesario disponer de variedades con características específicas, es decir, adaptadas a problemáticas o aprovechamientos concretos (tolerantes a condiciones salinas de cultivo o a ciertas enfermedades, idóneas para determinados procesos industriales, como el vaporizado o la cocción rápida, etc.).

En bastantes parcelas (con mayor probabilidad en las más descuidadas) es fácil detectar la existencia de algunas plantas de arroz claramente diferenciables de las que se consideran propias de la variedad sembrada.

Es conocido que las variedades van modificando o perdiendo algunas de sus características a lo largo del tiempo. Puede ocurrir una disminución gradual de su ciclo vegetativo, de su capacidad productiva o de su tolerancia al encamado o al desgrane. También suele, tras más o menos años, modificarse su longitud del grano, mejorar su vigor inicial o aumentar la presencia de granos rojos. Nos da la impresión de que la variedad no es completamente homogénea y que por mecanismos de selección natural se va adaptando progresivamente a las condiciones ambientales de cultivo. Desde otra perspectiva, conviene resaltar, en cambio, que el incremento de susceptibilidad a diversas enfermedades, bastante habitual, es mayormente debido a la aparición de nuevas razas de hongos.

El principal motivo de esta “degeneración” suele estar ligado al modo de obtención, selección

y multiplicación de la variedad. Toda variedad comercial tiene cierto grado de segregación, aunque normalmente mínimo, ya que durante el proceso de obtención y selección no queda completamente “fijada” (no es homocigótica, no es pura, y por tanto no todas sus semillas son genéticamente idénticas). Por otro lado, hay que tener en cuenta que aunque el arroz es una especie autógama (cada flor se autopoliniza y por tanto se autofecunda) posee un pequeño porcentaje de alogamia, que no suele superar el 0,5% (dependiendo de la variedad), lo que implica la existencia de cruzamientos espontáneos entre diferentes flores, incluso de otra variedad. Otra posibilidad (aunque de bajísima frecuencia) de modificación de las características de una variedad son las mutaciones genéticas naturales, causadas principalmente por radiaciones y estreses (frío, salinidad). Todo ello trae consigo la existencia de un porcentaje, más o menos significativo, de plantas “fuera de tipo”.

Durante los procesos de selección y especialmente de multiplicación de la semilla se producen además mezclas mecánicas con otras variedades. Esta “contaminación” dependerá del cuidado y rigor en el cumplimiento de las Normas Oficiales para la obtención, selección y multiplicación de semillas. El incremento de granos rojos es prácticamente debido a dichas mezclas, aunque los cruzamientos y mutaciones espontáneas están en el origen de su aparición. La gran mayoría de las plantas de arroz rojo tienen granos con el pericarpio de dicho color, siendo su facilidad de desgrane la característica común e identificativa de esta mala hierba. Con el término “bastardeados” el agricultor denomina a las plantas de arroz rojo, o más comúnmente a todas las que son diferentes

a las de la variedad cultivada. Lógicamente el grano bastardeado “ensucia” y penaliza la calidad de la cosecha, especialmente si está más verde (con más humedad) que el propio de la variedad.

Las diversas razones genéticas y mecánicas explican la posibilidad de distintos grados de degeneración y mezcla, no sólo entre variedades, sino entre semillas de una variedad que sea comercializada por distintas empresas multiplicadoras. La simple multiplicación de una semilla año tras año conduce, a largo plazo, a una pérdida del potencial productivo y/o cualitativo de la variedad. Dado que es prácticamente imposible impedir la variabilidad genética (que aumenta muy lenta pero progresivamente) puede llegar a ser necesaria, cada cierto período de tiempo, la reelección (regeneración) de la variedad afectada.

De lo expuesto se desprende la conveniencia de utilizar semillas de garantía, que en su proceso de multiplicación sean sometidas a medidas de conservación (e incluso de mejora de sus características) que minimicen su degeneración. Desde otro punto de vista, la sustitución o renovación de variedades es un proceso natural y continuo. Frecuentemente se retiran algunos cultivares del mercado y aparecen otros, mejor adaptados a las condiciones agronómicas o a las demandas comerciales vigentes.

1.3.- Mejora genética

Aunque la mejora vegetal del arroz no es objetivo de este libro, vamos a exponer algunas ideas sobre el largo y minucioso proceso que culmina en la obtención de una variedad.

El arroz es una especie diploide ($2n=24$ cromosomas). En laboratorio es posible obtener plantas haploides (con un solo juego de cromosomas, $n=12$), pero son estériles (Fig. 4.3). Además es una especie autógama, aunque con un bajo porcentaje de fecundación cruzada (alogamia). Los cruzamientos naturales entre variedades son, pues, difíciles, especialmente en el caso de Indica x Japónica.

Los procedimientos tradicionales de obtención de variedades se pueden agrupar en dos tipos: por simple selección o mediante cruzamiento y selección. Con el primero, el más primitivo y sencillo, se escoge alguna planta sobresaliente de



Fig. 4.2.- Bastardeado



Fig. 4.3.- Las plantas haploides no producen cosecha.

una población más o menos heterogénea, se aísla dicha planta y se multiplica para obtener semilla de una nueva variedad (Girona, por ejemplo, fue obtenida a partir de una planta con características diferenciales interesantes detectada dentro de una parcela de la variedad Bahía, que obviamente no estaba bien “fijada”, en otras palabras, no era una variedad pura). En cambio, mediante el procedimiento de cruzamiento y selección, que es el más utilizado, se lleva a cabo un cruzamiento intervarietal (hibridación) seguido de sucesivas autofecundaciones y selecciones hasta conseguir una nueva variedad con caracteres fijados (homocigótica), es decir que se transmiten por simple multiplicación. Los diferentes tipos de cruzamientos (simples, retrocruzamiento, convergentes, etc.) y de selección (genealógica, genealógica masal, por agrupamientos, etc.) definen diversos métodos de mejora. El objetivo común es reunir en un solo genotipo (variedad) las mejores características de las variedades cruzadas (o bien la suma de ciertos caracteres interesantes ligados a genes aditivos).

El método genealógico (pedigrí) es el más utilizado, aunque tiene el inconveniente de precisar un período de 10 a 12 años para obtener una variedad suficientemente fijada, que cumpla los requisitos de homogeneidad entre sus plantas exigidos para poder ser registrada oficialmente (Fig. 4.4). El proceso de obtención se puede dividir en varias fases. En la primera se cruzan los parentales escogidos. Dado que el arroz es una planta autógama es necesario castrar el progenitor femenino (mediante la eliminación o inutilización de sus anteras, que contienen los granos de polen) antes de proceder a polinizarlo con polen del progenitor masculino. Esta fecundación cruzada artificial se realiza sacudiendo panículas del macho (en estado de floración) sobre las flores castradas de la planta hembra. La castración puede efectuarse mediante tijeras y pinzas, por succión o por inmersión en agua caliente de la flor, que inutiliza las anteras. Esta operación debe realizarse antes de la autofecundación natural del progenitor femenino, ya que de lo contrario obviamente no tendría lugar el cruzamiento.

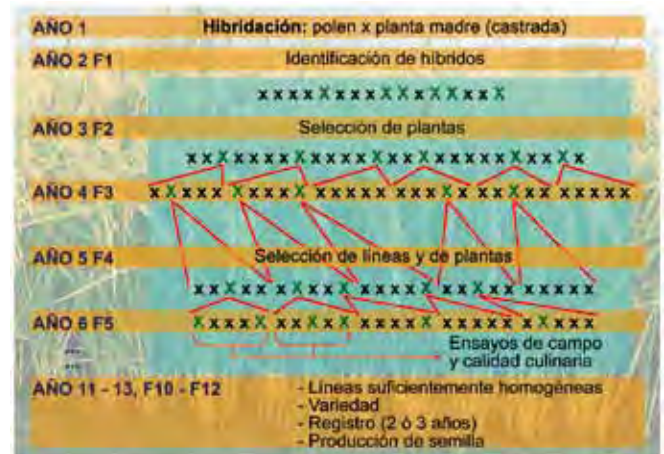


Fig. 4.4.- Obtención de variedades por el método genealógico

Los granos resultantes de la hibridación, que suelen ser pocos, se siembran y dan lugar a plantas híbridas de primera generación (denominada F1), que deben ser idénticas. El cultivo de los granos de la F1 dará lugar a las plantas F2, que, por el contrario, son diferentes entre sí. En la generación F2 se inicia una nueva etapa dominada por la utilización de criterios selectivos (se eligen las plantas más interesantes según su altura, ciclo vegetativo, longitud de grano, etc.) junto con la toma de datos adicionales, material vegetal e iden-

tificaciones pertinentes. En la F2 suele manejarse una población de al menos 1500-2000 plantas (según posibilidades de espacio y mano de obra) de las que se seleccionan, normalmente, no más de 20. Los granos de cada planta seleccionada se sembrarán en líneas separadas, dando lugar a la generación F3. De las líneas F3 más interesantes se seleccionarán las plantas más destacadas cuyos granos, de cada planta por separado, serán también sembrados en línea en la siguiente campaña, dando lugar a las plantas o generación F4. Este proceso de selección de líneas y plantas se repite hasta aproximadamente la generación F10. En cada generación (cada año) suelen manejarse unas 20 líneas, en función del éxito del cruce y de la disponibilidad de medios. A partir de la F5 suelen iniciarse ensayos orientativos (estimativos) del rendimiento y calidad de grano de cada línea, aunque todavía, como hemos comentado, no se dispone de variedades “fijadas” sino de líneas de plantas más o menos heterogéneas.

Con las sucesivas autofecundaciones se incrementa el grado de homocigosis (homogeneidad) de forma que aproximadamente en F10 se alcanza la suficiente pureza en la línea para considerarla una variedad. En esta última fase se comprueba la estabilidad genética de las líneas que consideramos de interés y se obtiene la muestra de semilla, que junto con la descripción de la variedad, ha de ser enviada (con la solicitud de su registro oficial) a la Oficina Española de Variedades Vegetales (OEVV). Antes de su posible comercialización, son necesarios dos o tres años adicionales ya que debe superar, (mediante diferentes

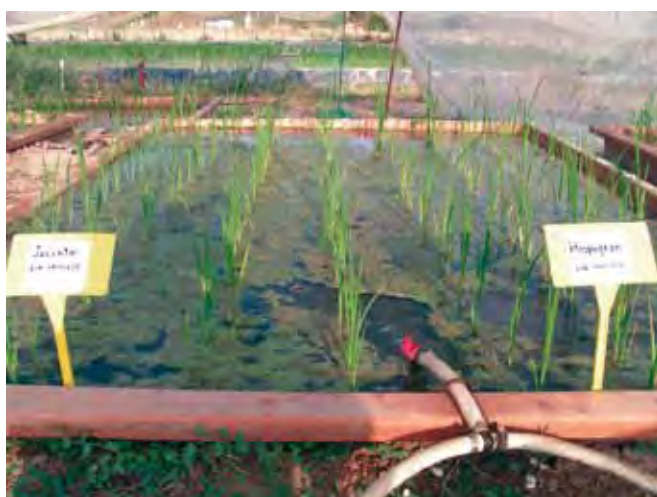


Fig. 4.5.- Instalaciones IFAPA – Centro “Las Torres”: balsetas de investigación

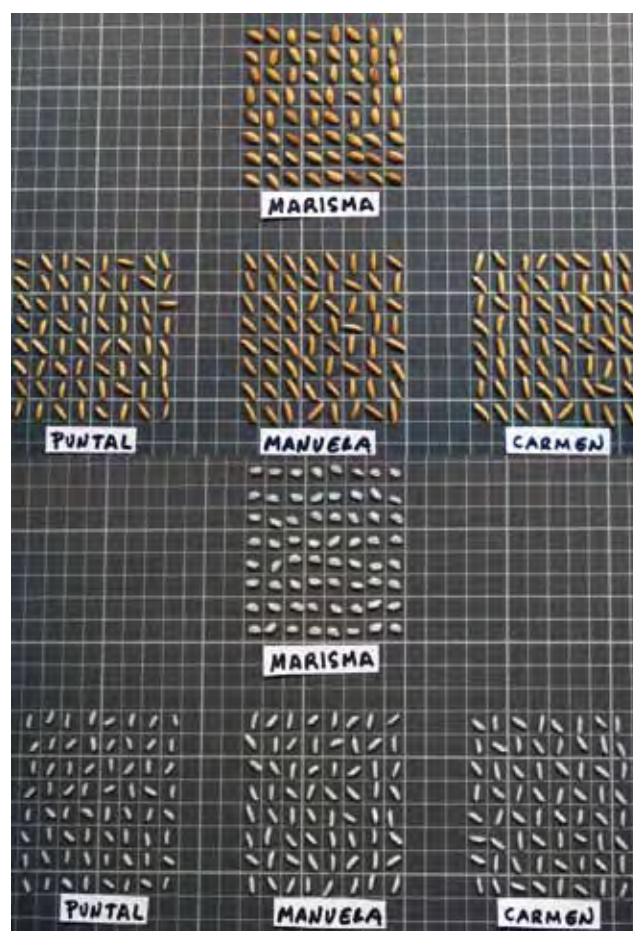


Fig. 4.6.- Carmen y Manuela (obtenidas por IFAPA) destacan por su longitud de grano, Marisma por su peso

pruebas y ensayos de campo) los requisitos de identificación, homogeneidad y comportamiento agronómico exigidos por la OEVV.

Finalmente las nuevas variedades comerciales (también llamadas cultivares) deben ensayarse en diversos ambientes para conocer su respuesta “en gran cultivo” (mediante experimentos, también de diseño estadístico, pero en parcelas de mayores dimensiones) y ser difundidas sus características agronómicas entre los agricultores. En Andalucía esta labor se lleva a cabo por la Red Andaluza de Experimentación Agraria (RAEA) de Arroz, dependiente del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria (IFAPA), Organismo integrado en la Consejería de Agricultura y Pesca.

Otros procedimientos modernos de obtención de variedades (mucho menos frecuentes, pero cada vez más utilizados) son el cultivo de anteras, la inducción de mutaciones, la ingeniería genética (especialmente transgénicos) y los referentes a la obtención de variedades híbridas.

El denominado cultivo de anteras (realmente es un cultivo de granos de polen) se lleva a cabo en laboratorio, en recipientes de vidrio (*in vitro*) colocados en cámaras de cultivo. Se trata de un método rápido de obtención de variedades, aunque menos eficiente (con menos probabilidad de éxito) que el genealógico. Las anteras provienen de plantas F1 (a veces de la F2) y son tomadas en estado fenológico de zurrón temprano. En laboratorio los granos de polen se ven sometidos a procesos de oscuridad-iluminación, cambios de temperatura y de composición del sustrato nutritivo (que incluye varias hormonas de crecimiento), los cuales provocan la duplicación de su número de cromosomas (ya que los granos de polen son haploides) así como la formación de un “callo” del que brotan plántulas de arroz. Dicho proceso dura apenas 5-6 meses. Cada plántula (que es ya una variedad) se trasplanta, en invernadero o en campo, para su evaluación agronómica inicial. Su genotipo es diploide y homocigótico, como el de una variedad totalmente pura. Cada planta se multiplica sucesiva, y aisladamente, a fin de conseguir suficiente semilla para llevar a cabo los pertinentes ensayos de comportamiento agronómico y detectar la existencia de alguna variedad de interés. Es de resaltar que un alto porcentaje de granos de polen no llegan a formar “callo”, que muchos callos no llegan a brotar y que muchas plántulas mueren en el laboratorio o poco después del trasplante. Algunos granos de polen no duplican su número de cromosomas, pudiendo dar lugar a plantas haploides (en vez de diploides), las cuales son infértiles, a veces albinas y frecuentemente de corta supervivencia (no completan su ciclo vegetativo). En los últimos años cerca del 3% de las variedades mundiales han sido obtenidas mediante cultivo de anteras.

El método de mutagénesis artificial consiste en inducir o provocar mutaciones, principalmente sobre las semillas, sometiéndolas a procedimientos químicos (hormonas, estrés salino, etc.) o físicos (diversas radiaciones, temperaturas extremas, etc.). Aunque es un método rápido de obtener variabilidad, la probabilidad de conseguir una mutación beneficiosa (que dé lugar a una variedad de interés comercial) es muy baja.

El futuro parece estar en manos de la ingeniería genética. La posibilidad de conocer los



Fig. 4.7.- Detalle de líneas F5 procedentes del cruce *Thaibonnet* x *Puntal*

caracteres (características de la planta) determinados por cada gen, aislarlo e introducirlo en cualquier variedad abre la posibilidad de genotipos de diseño. Como ya es realidad en otros cultivos (maíz, algodón etc.), se están ensayando variedades transgénicas de arroz portadoras de algún gen procedente de otras especies vegetales (e incluso de bacterias) que aumentan su resistencia a ciertos herbicidas y parásitos, su porcentaje de proteínas, etc.

En general ha existido una evolución clara en los objetivos de la mejora del arroz hacia un tipo de planta con porte más bajo y hojas más erectas (y recientemente a que la hoja bandera sobresalga por encima de la panícula) tratando de mejorar su eficiencia fotosintética. Los planes de mejora extranjeros buscan, preferentemente, obtener variedades de grano cristalino (en detrimento de las “perladas”), ya que dicho grano vítreo es preferido por los consumidores foráneos y además alcanza mayor rendimiento en molino (“la perla” motiva mayor porcentaje de granos rotos). El consumidor español prefiere, en cambio, el grano perlado, una prueba más de que la calidad del grano tiene un valor comercial relativo.

Diversos Departamentos de Investigación de España, Italia, Francia, Portugal y Grecia hemos colaborado en la caracterización y evaluación de una numerosa colección de variedades (procedentes en su mayoría del área mediterránea) con el fin de crear un Banco Europeo de Germoplasma de Arroz (ubicado en Montpellier, Francia), el cual está facilitando el intercambio de material genético (así como de información varietal) y su posible



Fig. 4.8.- Proceso de obtención de la variedad Anays LP-14 mediante cultivo de anteras en IFAPA – Centro “Las Torres”

adaptación a las diversas regiones y las diferentes condiciones de cultivo (grado de tolerancia a la salinidad, a las bajas temperaturas, a las enfermedades, calidad industrial, etc.). Lógicamente, los programas de mejora vegetal llevados a cabo en la propia región incrementan la probabilidad de obtener variedades mejor adaptadas a la misma, al incluir sus particulares factores ambientales y de cultivo a lo largo de todo el proceso selectivo.

Andalucía es la región arrocera europea pionera en la introducción de variedades híbridas de arroz, a las que dedicaremos comentarios más extensos.

2.- Las variedades híbridas

En la panícula de arroz, cada flor suele permanecer abierta sólo un par de horas, para evitar la intrusión de polen extraño. Solamente alrededor de un 0.5% de las flores (más precisamente de sus óvulos) son fecundadas con polen procedente de otra flor. Las flores de algunas variedades se

autofecundan incluso antes de su apertura. Este tipo de reproducción, llamada autógena, conlleva el mantenimiento (en gran parte) de las características de la variedad a lo largo de las sucesivas generaciones, es decir, año tras año, como ocurre en las variedades que hemos denominado tradicionales.

En cambio, un híbrido simple es la primera generación (F1) de un cruzamiento entre progenitores, también llamados parentales (la variedad madre y la variedad padre), genéticamente puros (homocigóticos) pero distintos entre sí. Muchos híbridos de arroz manifiestan un fenómeno denominado vigor híbrido (heterosis) mostrando sus plantas algunas características superiores a las de sus progenitores (mayor desarrollo radicular, foliar, de su actividad y eficiencia fotosintética, mayor ahijamiento, tamaño de la panícula y peso del grano, lo que se traduce en superiores rendimientos en cosecha). La semilla F1 (híbrida), la que siembra el arrocero, da lugar a una generación uniforme,

compuesta de plantas iguales. En cambio, la siguiente generación (la F2), multiplicación de la anterior, no es uniforme (sino que sufre segregación), estando compuesta por plantas de distintas características, que son en general menos productivas.



Fig. 4.9.- El espesor de la rizosfera, la tasa de penetración, la profundidad y el número de raíces suele ser mayor en los híbridos que en las variedades tradicionales

Así pues, el vigor híbrido disminuye, de forma muy significativa, después de la primera generación, obligando al agricultor a comprar anualmente nueva semilla híbrida; en otras palabras, el agricultor no debe utilizar para siembra la semilla cosechada en el híbrido comercial, ya que disminuiría el rendimiento de su cosecha siguiente. Es necesario, para ser rentables, que los híbridos alcancen un significativo incremento productivo no sólo en relación a sus parentales sino también respecto a las mejores variedades tradicionales cultivadas en la zona

El procedimiento básico de obtención de un híbrido simple, en cualquier especie, consiste en disponer las líneas parentales homocigóticas

elegidas en un campo aislado de polen extraño. Uno de los progenitores actuará de hembra, previa castración manual, química o biológica. En arroz, suelen sembrarse 5-9 líneas de hembra por cada una de macho, en función de la capacidad polinizadora del parental masculino. La semilla recogida sobre las plantas hembras será la semilla híbrida (F1), que se venderá al agricultor. Cualquier mecanismo que se utilice para eliminar las anteras (repletas de granos de polen) de la línea hembra deberá conseguir su completa esterilidad masculina. La castración manual es un procedimiento excesivamente costoso para ser aplicado en el arroz por lo que se utiliza la androesterilidad (mecanismo biológico que impide la formación de los granos de polen o su fertilidad). El tipo de androesterilidad utilizado en el arroz se denomina génico-citoplásmica, ya que depende de la interacción de genes localizados tanto en el núcleo como en el citoplasma de la célula.

Los actuales híbridos de arroz son híbridos simples, aunque por su distinta forma de obtención (utilizando la citada androesterilidad) también se denominan híbridos de tres líneas. La línea androestéril es la utilizada en el cruce como parental hembra. La línea restauradora se utiliza como parental macho, para polinizar a la anterior (y además para "restablecer" la fertilidad de la semilla híbrida resultante del cruce, que sembrará el agricultor). Por último es necesario disponer de una línea mantenedora, idéntica a la androestéril, pero con capacidad de polinizarla, a fin de disponer de semilla de la línea androestéril para el cruzamiento.

La elección de los parentales es fundamental, siendo importante su potencial productivo y la existencia de diversidad genética entre ambos, por lo que conviene que procedan de áreas distantes y/ ser de distintas subespecies (índica, japónica y javánica). Las cualidades de la "hembra" y del "macho" deben ser complementarias y poseer elevada aptitud combinatoria, de forma que el híbrido resultante herede las mejores características de ambos progenitores y aparezca, además, el llamado vigor híbrido.

La producción de semilla híbrida difiere bastante de los métodos convencionales usados para la producción de semilla tradicional, debiéndose tener en cuenta mayores condicionamientos en relación al aislamiento de la parcela, la sincro-

nización de las fechas de floración de los parentales (a veces hasta se aplican, por este motivo, hormonas de crecimiento, de tipo gibberelinas) así como la polinización suplementaria (sacudiendo las panículas o provocando corrientes de aire), todo ello para incrementar el porcentaje de fecundación y por tanto la cosecha de semilla, que raramente supera las 2 t/ha. Por dichas razones, el coste de obtención de la semilla híbrida comercial, y su precio de venta, es alto.

En China se han encontrado algunas variedades que se vuelven androestériles cuando están sometidas a unas condiciones ambientales determinadas, tanto de temperatura como de fotoperíodo (número de horas de luz al día). Si cambian dichas condiciones las plantas recuperan su fertilidad. La utilización de este tipo de androesterilidad (sensible al ambiente) simplifica y abarata la obtención de híbridos ya que, entre otras razones, no sería necesaria la línea mantenedora. El problema reside en que la aplicación actual de este método, denominado de dos líneas, está restringido a áreas con unas condiciones climáticas muy específicas. Por último, se está investigando sobre otro método, que se denomina de una línea, basado en la capacidad de cualquier especie, incluida el arroz, para reproducirse asexualmente.

Los primeros arroces híbridos se cultivaron en China en 1976. Actualmente ocupan unos 16 millones de ha (la mitad de la superficie arrocera de dicho país) con incrementos de rendimiento del 20-25% con respecto al de sus variedades tradicionales. Dichos logros han estimulado diversos programas de investigación e introducción de variedades híbridas en otros países (India, Indonesia, Filipinas, Vietnam, etc.). En cambio, algunos investigadores critican la utilización de híbridos por considerar que su actual coste de obtención es demasiado elevado y su aumento de rendimiento en grano insuficiente, además de tener una mayor susceptibilidad a algunas plagas y enfermedades junto a una inferior calidad de grano, todo ello en comparación con las variedades tradicionales. Además consideran escaso el número actual de progenitores adecuados, lo que explica la poca variabilidad existente entre las variedades híbridas disponibles en el mercado mundial (en su mayoría Indica). Sin embargo, es muy diferente la opinión de numerosos investigadores y Orga-

nismos tan prestigiosos como la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) y el IRRI (Instituto Internacional para la Investigación del Arroz), los cuales continúan trabajando y promoviendo la investigación y la tecnología de los híbridos de arroz como medio de cubrir las demandas mundiales, actuales y futuras, de este cereal.

En el año 2003, gracias al material vegetal suministrado por Koipesol Semillas S.A., comenzaron los trabajos de nuestro Grupo de Investigación sobre variedades híbridas. Es de resaltar (y de reconocer su excelente y encomiable labor) que dicha Empresa ha sido pionera en la introducción de híbridos de arroz (procedentes de China e India) en la Unión Europea, llevando a cabo, paralelamente, sus propios ensayos de comportamiento agronómico, además de registrar diversas variedades híbridas e incluso obtener semilla híbrida en nuestras condiciones de cultivo.

3.- Comportamiento agronómico de las variedades tradicionales y de las híbridas

Desde 1984 hemos ensayado diversas colecciones de arroces de la subespecie Indica procedentes del IRRI, con sede en Filipinas, sin encontrar ninguna variedad interesante para nuestras condiciones de cultivo, aunque algunas se han aprovechado como material parental en determinados cruzamientos. En cambio, variedades tipo Indica de origen californiano, como L-202 (Thaibonnet), o australiano, como Doongara (Puntal), e incluso numerosas Japónicas californianas (Thainato, Hispagan, etc.), se adaptan muy bien a las características del arrozal andaluz. La similitud en las condiciones edafo-climáticas (de clima mediterráneo o templado) así como en las prácticas y técnicas agronómicas existentes en las tres áreas productivas mencionadas parece explicar dicho comportamiento. La casi totalidad de las variedades ensayadas procedentes de Italia y de Francia (en general de ciclo más corto) han mostrado una inferior respuesta agronómica. La mayor parte de la semilla certificada sembrada en las Marismas del Guadalquivir es comercializada por Hisparrroz, S.A. Otras empresas o entidades privadas españolas, como Semillas Castells y Copsemar, comercializan también cultivares de gran interés para el mercado andaluz. En nuestro país, el De-

partamento de Arroz (IVIA) ubicado en Sueca (Valencia) es tradicionalmente el principal obtentor de variedades Japónica (Bahía, Senia, Bomba, etc.).

En Andalucía sólo se sembraban arroces Japónica (de grano medio y semilargo) hasta que en la década de los ochenta se introdujeron las variedades tipo Indica, fundamentalmente Thaibonnet, que mostró una excelente adaptación. Este último tipo de arroz, exportable a Europa, redujo el excedente español de arroces Japónica. Actualmente, una nueva variedad tipo Indica, Puntal, ocupa alrededor del 90% de la superficie sembrada, dedicándose el resto a Thaibonnet y a diversas Japónica (Fonsa, Marisma, J. Sendra, Hispagan, etc.) además de unas 500 has de híbridos. Andalucía es la región europea que disfruta de las mejores condiciones ambientales para el cultivo de arroces tipo Indica, alcanzando los máximos rendimientos. Aunque hoy día existe una relativamente pequeña superficie cultivada con variedades Japónica, ésta puede incrementarse en un futuro próximo en función de condicionamientos económicos y comerciales.

Los resultados de cualquier ensayo de campo son válidos para un lugar, una campaña y unas condiciones de cultivo determinadas, siendo por tanto conveniente su repetición, en el espacio y en el tiempo, a fin de obtener conclusiones e interpretaciones más precisas. La Red Andaluza de Experimentación Agraria (RAEA) publica anualmente, desde 1984, los resultados sobre el comportamiento agronómico de una amplia colección de variedades comerciales así como su respuesta a diversas dosis de abonado nitrogenado y fosfórico, su susceptibilidad a enfermedades (*Pyricularia oryzae*, *Helminthosporium oryzae*, *Gibberella fujikuroi*), tolerancia a la salinidad, eficacia de fungicidas, etc. La existencia de esta red de ensayos, ubicados en fincas de Agricultores Colaboradores, no sería posible sin su apoyo. Otros estudios y resultados de nuestra investigación (obtención de variedades, identificación de razas de piricularia, biotecnología y fisiología del arroz, su respuesta a diversos turnos de riego, estudios sobre producción integrada y ecológica etc.) son también divulgados mediante jornadas de campo, cursos de formación de Técnicos de Producción Integrada, Cursos Superiores, monografías, artículos y diversas publicaciones científicas.



Fig. 4.10.- Ensayo de variedades comerciales (RAEA) en parcela de Agricultor Colaborador



Fig. 4.11.- Ensayos RAEA en microparcels

En la Tabla 4.12 se muestran los resultados medios de tres de estos ensayos de variedades comerciales. En el análisis estadístico, la mínima diferencia significativa (mds) al 95% de confianza establece la mínima diferencia que ha de existir entre los valores de un determinado carácter de dos variedades para que podamos considerarlas diferentes (para el carácter o parámetro analizado) con una probabilidad de sólo el 5% de que dicha diferencia sea debida al azar. El coeficiente de variación (CV %) es una medida de la variabilidad general del ensayo y, por tanto, de la fiabilidad de los resultados obtenidos. Valores bajos de este coeficiente, como los alcanzados en nuestros experimentos, indican alta fiabilidad. Otros parámetros interesantes sobre la susceptibilidad varietal a enfermedades y sus atributos de calidad del grano se pueden consultar en los capítulos correspondientes.

Para una mayor información sobre el comportamiento relativo de las variedades híbridas se presentan datos adicionales en la Tabla 4.13.

Salvo SYCR 89, con un ciclo a espigado similar al de Puntal, los híbridos alargan ligeramente

Tabla 4.12.- RAEA. Variedades Comerciales de Arroz. Media de tres ensayos. Marismas del Guadalquivir, 2007

Variedades																	
	SYCR-86	SYCR-128	SP-601	SP-602	MINIMA	PUNTAL	SUSAN	SY-581	MARISMA	J. SENDRA	BRISA	FONSA	DELTA	BENDRET	MEDIA	CV (%)	mds (95%)
Días de siembra a espigado	95	98	99	99	93	95	86	87	85	92	93	82	85	93	92		
Altura planta (cm)	85	95	94	97	89	85	74	96	82	70	83	69	68	67	83,3		
Encamado (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Paniculas/m ²	644	500	592	596	556	504	550	380	488	486	669	462	403	508	524	7,0	65,7
Granos/ panícula	78	85	81	92	73	97	54	115	55	66	60	75	79	55	76	7,8	9,8
Granos vacíos (%)	3,1	2,8	3,4	4,3	3,5	3,1	2,6	5,4	2,6	1,7	4,0	2,4	5,2	3,7	3,4	13,7	1,4
Peso (g) de 1000 granos	26,5	27,6	23,1	19,3	26,1	21,2	35,1	22,9	38,7	31,3	23,9	28,7	27,9	32,3	27,5	5,2	2,4
Humedad del grano en recolección (%)	18,9	21,8	24,1	25,5	17,2	16,2	14,7	15,7	15,9	17,0	17,9	15,5	19,0	18,2	18,4		
Humedad en recolección con relación a la media (%)	102,8	118,5	130,9	138,5	93,6	87,8	79,9	85,1	86,5	92,5	97,3	84,4	103,0	99,2			
Rendimiento industrial	65,5	66,9	68,3	64,3	66,7	69,3	62,2	67,4	64,3	62,8	65,4	62,5	61,8	63,4	65,1	1,9	2,1
	63,5	64,8	66,9	62,0	63,2	67,0	60,0	62,4	62,4	61,3	61,8	59,1	59,3	61,9	62,7	3,3	3,4
Rendimiento en grano	12107	11864	11380	11022	10784	10644	10637	10438	10399	10108	9994	9930	9416	9355	10577	4,3	767,0
	114,5	112,2	107,6	104,2	102,0	100,6	100,6	98,7	98,3	95,6	94,5	93,9	89,0	88,4			

**Tabla 4.13.- Comportamiento agronómico de variedades híbridas.
Resultados medios de tres años de ensayos RAEA (2003-2005). Marismas del Guadalquivir**

	Híbridos japónica		Híbridos tipo índica					Variedades tradicionales tipo índica		Media	
	SYCR-72	SYCR-73	SYCR-85	SYCR-86	SYCR-89	SYCR-90	SYCR-128	Puntual	Thaibonnet		
Días de siembra a espigado	81	88	90	87	85	88	92	85	81	86	
Altura planta (cm)	118	99	95	99	99	101	96	89	81	97	
Encamado (%)	64	0	0	0	78	21	0	0	0	18	
Componentes del rendimiento	Panículas/m ²	326	344	420	463	461	454	439	462	596	440
	Granos/panícula	95	98	99	85	81	89	97	94	56	88
	Granos vacíos (%)	4,8	3,0	3,2	4,1	1,9	3,2	2,2	2,6	4,1	3,2
	Peso (g) de 1000 granos	24,7	25,8	25,6	27,3	29,2	25,4	28,5	21,7	22,8	25,7
Humedad grano en cosecha (%)	26,7	24,4	24,8	24,7	20,0	23,8	22,9	18,4	18,1	22,5	
Biometría del grano (carga)	Longitud (mm)	6,0	5,7	7,3	7,3	7,5	7,4	7,7	7,6	7,8	7,1
	Anchura (mm)	3,30	3,01	2,45	2,45	2,46	2,45	2,46	2,31	2,23	2,57
	Relación L/A	1,81	1,90	2,98	2,98	3,03	3,01	3,12	3,28	3,45	2,84
Perlado (%)	30	15	60	70	80	30	75	10	23	44	
Rendimiento industrial	Total (%)	75,2	76,2	73,9	71,8	70,5	71,2	72,3	71,2	71,3	72,6
	Enteros (%)	66,1	64,2	61,0	61,9	57,0	62,7	66,3	66,5	65,2	63,4
Rendimiento en grano	kg/h al 14% humedad	8426	8918	10975	11190	11177	11355	12025	10053	9862	10442
	% sobre puntual	83,08	88,7	109,2	111,3	111,2	112,9	119,6	100,0	98,1	103,9

su número de días de siembra a espigado (ciclo a espigado). Las plantas de los híbridos ensayados alcanzaron mayor altura que las de Puntal (Fig. 4.14). SYCR 89 y SYCR 72 mostraron una considerable tendencia al encamado.



Fig. 4.14.- La variedad híbrida, derecha, es más alta que la tradicional. Ensayo RAEA

El rendimiento en grano del arroz está determinado por tres componentes: el número de panículas productivas, el número de granos llenos por panícula (de los granos totales hay que restar los granos vacíos) y el peso del grano. Cada variedad (híbrida o no) tiene unos valores óptimos para cada uno de sus tres componentes de rendimiento, que se establecen en años de cosecha record. El valor de cada componente depende de las características genéticas de la variedad y de la influencia del medio ambiente. En este sentido, los dos primeros componentes están afectados principalmente por la densidad de siembra y el nivel de fertilidad. Normalmente existe una correlación negativa entre el número de panículas y el número de granos por panícula, componentes que tienden en parte (“pero sólo en parte”) a compensarse. Debemos lograr una densidad adecuada de plántulas que asegure un número suficiente de panículas sin que éstas sufran una disminución significativa en el número de granos que portan. Por último es necesario favorecer, en lo posible, las condiciones de llenado y maduración del grano.

El número de panículas por metro cuadrado de los híbridos tipo indica es superior al alcanzado en los híbridos japónica y similar al de Puntal. En nuestros ensayos la dosis de siembra de los híbridos (100 kg/ha) ha sido sensiblemente inferior a la de Puntal (200 kg/ha) lo que evidencia la gran capacidad de ahijamiento de los híbridos, especialmente de los Indica.

Los híbridos permanecen verdes más tiempo (mayor stay green) que las variedades tradicio-



Fig. 4.15.- Las variedades híbridadas poseen mayor área foliar que las tradicionales, desarrollándose más rápidamente en las primeras etapas de crecimiento

nales y sus hojas tienen una senescencia (marchitez) más lenta. También requieren, en general, un período de tiempo algo más prolongado para el llenado y maduración de sus granos. Sin embargo, aunque su ciclo a madurez comercial sea más largo, la humedad del grano es algo inferior a lo que su verdor pudiera insinuar.

De entre los híbridos indica, SYCR 128 ha destacado por su elevado rendimiento en grano. SYCR 86 y SYCR 90 también son muy productivos, mostrando este último una ligera tendencia al encamado, especialmente si se descuidan las adecuadas prácticas de cultivo. SYCR 85 alcanza buenos rendimientos en grano, pero su rendimiento industrial parece ligeramente inferior al de otros híbridos. Las plantas de SYCR 86, SYCR 89 y SYCR 90 presentan un aspecto muy parecido, en cambio la morfología de SYCR 128 es diferente. SYCR 72 y SYCR 73 son variedades japónicas, genética y fenotípicamente (de aspecto) muy parecidas.

Los híbridos tipo indica ensayados tienen un grano “tipo carolino”, es decir más largo

y, sobre todo, más ancho que Puntal. La relación longitud-anchura está alrededor de 3, en el límite de lo definido comercialmente como Largo B. Su porcentaje estimado de perlado se muestra en la Tabla 4.13.

El grado de susceptibilidad de los diferentes híbridos a *Pyricularia oryzae* (véase capítulo de enfermedades) parece ser ligeramente inferior a la media observada en las variedades tradicionales, pero es necesario continuar ensayando en años sucesivos dado el origen exótico de los híbridos podría influir en la frecuencia relativa de las distintas razas de piricularia existentes en nuestra zona. En cambio, les hemos observado una cierta susceptibilidad a *Helminthosporium oryzae*, motivada, en parte, por su elevada masa foliar.

La mayoría de los híbridos han mostrado más vigor y parecen algo más tolerantes que Puntal a las bajas temperaturas durante las primeras etapas de crecimiento. Su comportamiento sugiere una mayor tolerancia a la salinidad pero, por el momento, no disponemos de resultados contrastados y precisos. Estimamos que la humedad del grano en cosecha, para alcanzar los máximos rendimientos en enteros, debe estar alrededor del 21-23%, aunque sería conveniente determinar la humedad óptima para cada híbrido.

China y otros países han mantenido un ligero y progresivo crecimiento en los rendimientos en grano de los campos de obtención de híbridos, lo que sugiere que el coste de su semilla podría reducirse. En Estados Unidos el cultivo de híbridos de arroz mediante siembra directa mecanizada a dosis de 40-80 kg/ha ha dado resultados óptimos en algunos experimentos. Lógicamente, aparte de los aspectos agronómicos, el valor de la semilla, su dosis de siembra y precio del grano cosechado determinarían la introducción y grado de expansión de estas variedades.

4.- Siembra

El objetivo primordial del agricultor durante las primeras cinco o seis semanas de cada campaña es lograr un buen establecimiento del arrozal, con una adecuada densidad de plántulas. Para ello, además de las labores preparatorias, del abonado de fondo y del manejo inicial del agua de riego, es fundamental una correcta realización de la siembra. En Andalucía la siembra se lleva a

cabo sobre la parcela inundada, por medios aéreos o terrestres.

4.1.- La semilla

Las características más destacables de la semilla son su poder y vigor germinativos así como su pureza varietal. También son importantes su pureza específica, su porcentaje de materias inertes, su estado sanitario y su peso específico.

Tan interesante como el poder germinativo (porcentaje de semillas que han germinado a unas dos semanas después de la siembra) es el vigor (velocidad) germinativo inicial, que podemos asimilar con el porcentaje de semillas que han germinado transcurridos solamente unos pocos días. Determinaciones de referencia de ambos parámetros se pueden obtener en laboratorio, en cámaras de germinación, a unos 30° C a los 5 y 15 días respectivamente. La legislación española exige valores de poder germinativo por encima del 80%, aunque frecuentemente se superan el 90% de vigor germinativo y el 95% de poder germinativo. Lógicamente interesa que germine un alto porcentaje de semillas y que las plántulas se desarrollen lo más rápidamente posible (es decir, que la variedad tenga "vigor temprano"). Las nacencias tardías estarán en peores condiciones de competencia con las malas hierbas, algas, plagas y enfermedades.

La edad de la semilla influye sobre su germinabilidad. Mantenido en ambiente seco y a unos 3-4° C puede conservar su poder germinativo durante 8-9 años, mientras que en condiciones ambientales suele perder unos 5-7 puntos porcentuales de poder germinativo (y unos 6-7 de "velocidad" germinativa) a los 12-14 meses, de manera que a los pocos años pierde gran parte de sus facultades.

La disminución de la pureza varietal es consecuencia de mezclas accidentales con semillas de otras variedades de arroz, de contaminaciones de granos rojos o de granos procedentes de plantas de arroz que han sufrido cruzamientos o mutaciones espontáneas, o de semilla fuera de tipo de la propia variedad (si no está bien fijada). Todo ello acarrea falta de uniformidad de la siembra, disminuciones en rendimiento y calidad del grano además de infectación del terreno con plantas de arroz indeseables.

La pureza específica y el porcentaje de materias inertes nos revelan el grado de contaminación de materias extrañas diferentes del arroz cáscara íntegro. Naturalmente interesa que la semilla sea limpia, exenta de semillas de malas hierbas y de granos de arroz partidos, descascarados, vacíos, etc.

Los granos bien madurados poseen mayor peso específico (peso por unidad de volumen), cualidad que está positivamente correlacionada con una mayor facultad (poder y vigor) germinativa. Los granos más densos pueden seleccionarse mediante separación mecánica.

Las regiones de clima mediterráneo son idóneas para la obtención de semillas de arroz con altas facultades germinativas debido a sus excelentes condiciones de secado natural. El grano debe recolectarse con el 17-20% de humedad, según variedades. Además deben regularse las revoluciones del cilindro desgranador de la cosechadora a fin de no afectar a la cascarilla (que no la "pele"), lo cual disminuiría la facultad germinativa de la semilla.

Otro síntoma de buena maduración y adecuado almacenamiento es la ausencia de olores y coloraciones en el grano. Algunos hongos son transmisibles por semilla (*Pyricularia oryzae*, *Helminthosporium sp.*, y *Fusarium moniliformis*), lo cual será analizado en otros capítulos.

Algunos granos caídos son capaces de sobrevivir en el terreno durante el invierno y germinar en la siguiente campaña, "contaminando" ligeramente la sementera (lo hemos observado en alguna variedad híbrida, de excepcional vigor).

4.2.- La semilla certificada

Ya sabemos que la inscripción de una variedad de arroz en el Registro Oficial implica haber superado las pruebas que la confirman como distinta, homogénea, estable y de interés agronómico. Para ser considerada distinta de otros cultivos, la variedad debe someterse a un proceso de comparación de sus caracteres diferenciadores (morfológicos, fisiológicos, etc.) con los de otras variedades ya registradas. Será homogénea cuando entre sus plantas la expresión de los caracteres identificativos sea constante (es decir, haya un alto grado de similitud entre ellas). Una variedad es

estable cuando sus características se mantienen al reproducirla. Para ser admitida en el Registro, el interés agronómico de una variedad se valora mediante ensayos de la OEVV llevados a cabo en diversas localidades y, normalmente, durante dos años. La producción de semillas y su posterior certificación se limita a las variedades inscritas.

Existen normas legales y requisitos técnicos concretos, tanto a nivel nacional como de la Unión Europea, que regulan la producción y consiguiente certificación de las semillas de arroz. La normativa española está incluida en el Reglamento Técnico de Control y Certificación de Semillas de Cereales de 1986 y modificaciones posteriores. El cumplimiento de dichos condicionamientos mínimos se verifica mediante controles oficiales.

La identidad y pureza varietal de las distintas categorías de semillas destinadas a comercialización se comprueban a través de controles que se llevan a cabo en campo, en las instalaciones de selección mecánica de semillas y en los laboratorios de análisis del Organismo responsable de la certificación.

El proceso de reproducción de la semilla se inicia con sólo unas cuantas panículas de material parental (G-0), con las características propias de la nueva variedad, y concluye con la obtención de la semilla certificada.

Comprende una serie de etapas en las que la calidad varietal se controla a lo largo de sucesivas campañas de multiplicación, en las que se evita la presencia de cualquier planta con características diferentes a las propias de la variedad. Según lo avanzado del ciclo, las parcelas de multiplicación de semilla corresponden a una de las siguientes categorías: material parental (G-0), semilla de prebase (G-1, G-2, G-3), semilla de base (normalmente G-4); semilla certificada de primera producción (R-1) y semilla certificada de segunda producción (R-2). Las parcelas de cada categoría se siembran con semilla cosechada en las parcelas de multiplicación de la categoría anterior (la semilla G-1 es la de mayor calidad pero, dado su precio, no es rentable su utilización directa por el agricultor).

El Reglamento también define las diversas Entidades Productoras y su posible actuación en las distintas fases de la producción de semilla cer-

tificada de arroz. El Productor Obtentor es quien obtiene la variedad. El Productor Seleccionador, a partir de un limitado número de panículas de material parental y tras varios años de multiplicaciones, produce la semilla base (también puede producir semilla R-1 y R-2). La tercera categoría es la de Productor Multiplicador, que sólo puede producir semilla certificada R-1 y R-2, partiendo de la semilla suministrada por el productor seleccionador, ya sea Base o R-1. Las semillas certificadas R-1 y R-2 pueden ser adquiridas por el agricultor arrocero. Algunas empresas producen R-1 mientras otras continúan hasta R-2, con el fin de abaratar los costes y el precio de venta.

El Reglamento (Tabla 4.16) exige, en cada etapa, el cumplimiento de determinados requisitos relativos al aislamiento y tamaño mínimo de las parcelas, número máximo de plantas de otras variedades, estado sanitario, inspecciones, etc.

La semilla de prebase suele multiplicarse durante tres campañas o generaciones sucesivas (G-1, G-2, G-3). Las parcelas G-1 se siembran en línea por panícula (cada línea sólo posee granos procedentes de una panícula), eliminándose las líneas que presentan falta de uniformidad. Las parcelas G-2 y G-3 suelen sembrarse en bandas de unos 3 m de ancho, con pasillos de separación para facilitar la eliminación de plantas fuera de tipo. La necesidad de evitar la infectación con plantas de otras variedades aconseja utilizar parcelas que no hayan producido arroz el año anterior. El trans-

plante facilita la eliminación mecánica de plantas indeseables antes de la siembra y su depuración o escarda posterior. En estas primeras generaciones es importante respetar las distancias reguladas de protección (aislamiento) respecto a parcelas de otras variedades, con el fin de evitar cruzamientos. Durante las multiplicaciones de las semillas prebase (con especial esmero), y posteriormente en las de semilla de base, debe efectuarse una cuidadosa selección masal con el fin de mantener la pureza genética de la variedad.

Las parcelas de semilla Base y especialmente las de producción de semilla R-1 y R-2 suelen ubicarse en fincas de Agricultores Colaboradores.

Realizada la recolección de cada partida destinada a semilla, se llevan a cabo los análisis de laboratorio pertinentes para determinar su humedad, impurezas, granos rojos, granos germinados, así como su poder germinativo, desechándose las que no cumplen los mínimos exigidos.

El poder germinativo disminuye si la parcela sufre encamado y las panículas entran en contacto con el agua, no debiendo destinarse a semilla estas producciones. Los abonados nitrogenados excesivos favorecen el desarrollo de enfermedades fúngicas (*Pyricularia oryzae*, *Helminthosporium sp.*, etc.) transmisibles por semillas. Dado que el secado puede afectar a la germinación, este debe realizarse con precaución. Por este mismo motivo deben evitarse posibles daños mecánicos durante

Tabla 4.16.- Principales requisitos legales de los campos de producción de las diferentes categorías de semillas*

Parcelas para producción de semilla	Aislamiento (distancia mínima)	Tamaño mínimo de las parcelas	Plantas de otras variedades (máximo)
G1	30 m.	-	-
G2	30 m.	-	-
G3	10 m.	-	1 / 10.000
Base	5 m.	500 m ²	1 / 5.000
R1	2m.	1 ha.	2 / 1.000
R2	2m.	1 ha.	3 / 1.000

*Otros requisitos se refieren a tipo de Entidades Productoras, número de variedades por finca, estado sanitario, inspecciones, etc.

su cosecha y manipulación. Para evitar mezclas perjudiciales deben ser inspeccionados cuidadosamente (antes de su utilización) los medios de transporte, los almacenes, los sacos, la maquinaria y todo instrumento que pueda ser causa de contaminación. Las partidas aptas se someten a la selección mecánica, envasado y etiquetado.

Además de los requisitos legales referentes a los campos de producción de las diferentes categorías de semillas y con el fin de asegurar el buen funcionamiento del sistema de certificación y la detección de posibles anomalías o variaciones no conformes con la variedad original, el Reglamento contempla una serie de exigencias relacionadas con la semilla certificada (Tabla 4.17). Los requisitos legales que debe cumplir la R-1 son algo más rigurosos que los de la R-2. Así pues, la semilla R-1 posee una calidad algo superior a la de la R-2. La semilla producida se clasifica en lotes, como máximo de 25.000 kg, asignándole un número a cada uno de ellos, el cual debe aparecer en la etiqueta de los envases. El Reglamento obliga a que las entidades establezcan parcelas de pre- y post-control de la semilla producida. En las de precontrol se siembran muestras de los lotes de Base y R-1, y en las de post-control muestras de los lotes de R-2.

La semilla certificada está, pues, sometida a sucesivos y numerosos controles de campo y laboratorio, antes de ser autorizada su comercialización. Su uso reduce las pérdidas por baja germinación o débil desarrollo de las plántulas y previene contra la mezcla de granos de otras variedades y de semillas de malas hierbas, así como contra la degeneración de la variedad.

4.3.- Realización de la siembra

Además de la utilización de semilla de calidad, convenientemente tratada, una correcta realización de la siembra implica una fecha y dosis de semilla adecuadas, así como una distribución uniforme, tratando de lograr una apropiada densidad de plántulas que evite resiembras indeseables.

Se debe llevar a cabo lo antes posible tras la inundación de la tabla de arroz. En las parcelas acogidas al régimen de Producción Integrada es obligatorio el empleo de semilla certificada y desinfectada.

4.3.1.- Tratamiento de semilla (selección mecánica, pregerminación, desinfección)

La semilla certificada está sometida a un proceso previo de selección mecánica con el fin de mejorar su presentación y calidad, eliminando las siguientes impurezas o elementos indeseables: materias inertes (tierra, paja, etc.); granos delgados y vacíos; granos aristados en variedades místicas (sin aristas); granos descascarillados y partidos; y semillas de malas hierbas. Se dispone de máquinas y dispositivos expresamente diseñados para esta finalidad (limpiadora-aspiradora con juego de cribas, mesa densimétrica, etc.). Cuando los agricultores utilizan su propio grano para sembrar suelen limpiarlo, tratando de eliminar las semillas de malas hierbas, principalmente "colas".

El remojo (humidificación), pregerminación y escurrido de la semilla es una práctica muy extendida y conveniente que ya fue descrita en el capítulo primero al analizar los inicios de la fase vegetativa.

Tabla 4.17.- Requisitos de la semilla certificada

Categoría	Germinación mínima (%)	Pureza específica (%)	Pureza varietal (%)	Semillas de de otras especies (máximo en 500 gramos)	Semillas de Echinochloa (máximo en 500 gramos)	Granos rojos (máximo en 500 gramos)	Humedad máxima (%)
R-1	80	98	99,7	10	3	3	14
R-2	80	98	99,5	10	3	5	14

La desinfección de las semillas persigue la protección de las jóvenes plántulas de arroz. El tratamiento impide el desarrollo de los hongos hospedados sobre y debajo de la cascarilla. Además, el producto desinfectante actúa sobre los hongos presentes en la superficie del suelo y ejerce un cierto control sobre algunas especies de algas, que también pueden afectar al arroz durante sus primeros estados de crecimiento, reduciendo la población de plántulas.

En las empresas de semillas se lleva a cabo el tratamiento fungido durante la selección mecánica, en caso de que se considere conveniente para garantizar una germinación completa y uniforme (como medida preventiva) o les sea solicitado expresamente por el cliente.

Cuando la semilla no ha sido desinfectada por la empresa suministradora, el agricultor añade, a veces, el fungicida al agua de remojo, en recipientes estancos, favoreciendo su penetración en el interior de la cascarilla. Este tratamiento es simultáneo con el pregerminado.

Sólo una parte de los agricultores lleva a cabo la desinfección de su semilla, salvo que estén sujetos al régimen de producción integrada. Los tratamientos son de mayor utilidad en caso de siembras con bajas temperaturas, las cuales retardan el desarrollo de la plántula. El tratamiento efectuado por el agricultor, un par de días antes de la siembra, es tan eficaz, al menos, como el realizado por la empresa de semillas, la cual está obligada a añadir un colorante a la simiente tratada para evitar posibles segundos tratamientos por

parte del arrocero, los cuales podrían provocar problemas de germinación y fitotoxicidad.



Fig. 4.18.- Semilla desinfectada

Si la semilla posee un bajo poder germinativo (a causa de lesiones mecánicas producidas durante su recolección, transporte y secado) el tratamiento mermará aun más su germinabilidad, al penetrar en el interior del grano y disminuir o impedir las actividades enzimáticas propias de la germinación.

Algunos desinfectantes (Tiram 20% + Carboxina 20%) parecen favorecer el rápido enraizamiento de la plántula, ayudándola en la competencia con sus enemigos (gusanos rojos, algas, etc.).

Los productos permitidos para desinfección de semillas en producción integrada aparecen en la Tabla 4.19.

4.3.2.- Fecha de siembra

La fecha ideal de siembra depende de la variedad, del estado del terreno y de las condicio-

Tabla 4.19.- Desinfectantes de semillas autorizados en producción integrada

Materias activas	Dosis de empleo	Nombre comercial	Enfermedades que controla
Himexazol 70 % (PA)	1 kg por cada 200 kg de semilla	Tachigarem	Fusarium, pyricularia, pythium y sclerotium
Mancozeb 43 % (LA, PA)	1 litro por cada 350 kg de semilla	Varias marcas	Fusarium, pyricularia, helminthosporium, pythium y rhizoctonia
Tiram 20 % + Carboxina 20 % (LA)	1 litro por cada 400 kg de semilla	Vitavax	Helminthosporium y fusarium

LA: líquido autosuspensible

PA: polvo adherente

nes climáticas. Es conveniente sembrar lo suficientemente temprano para poder cosechar antes de las lluvias otoñales y lo suficientemente tarde para evitar las bajas temperaturas primaverales. Como norma general se debe sembrar lo más temprano posible.

El frío ralentiza la germinación y el crecimiento de la plántula, exponiéndola durante más tiempo a los daños por enfermedades y plagas, competencia con malas hierbas y deficiencias de zinc. Como veremos más adelante, las siembras tardías aumentan el riesgo de daños por quironómidos (gusanos rojos y blancos), efídridos (tijeretas) y por *Pyricularia oryzae*.

Con alguna frecuencia es posible y aconsejable sembrar a finales de abril, si las condiciones climáticas lo permiten, pero la mayoría de las parcelas se suelen sembrar en la primera quincena de mayo. Aunque es posible efectuarla hasta finales de junio, las siembras en este mes son mucho menos recomendables. Cuanto más tarde se siembra una variedad menos días tarda en florecer. En las Marismas del Guadalquivir la mayor parte de la superficie queda sembrada en apenas dos semanas (iniciándose en cuando el clima y la disponibilidad de agua de riego lo permitan) lo que pone de manifiesto la existencia de suficientes (quizás algo sobredimensionados) medios mecánicos, con el justificado interés de terminar las labores de siembra lo antes posible.



Fig. 4.20.- Restos vegetales ("pastro") antes de la siembra. Se recogen a mano con rastrillo o se expulsan abriendo "pique-ras" de riego

4.3.3.- Dosis de siembra

Las dosis utilizadas varían principalmente en función de la variedad, de la calidad de la semilla, del estado de preparación del suelo y de la fecha de siembra (a mayores temperaturas meno-

res dosis de semilla). En condiciones medias de cultivo solamente alrededor de un 30% de la semilla llega a alcanzar el estado de planta adulta. En terrenos poco fértiles y/o sometidos a estrés salino, en condiciones precarias de germinación y bajo porcentaje de supervivencia de plántulas, las dosis pueden alcanzar los 200 kg/ha, incluso algo más. El Reglamento de Producción Integrada permite dosis máximas de siembra de 185 kg/ha para las variedades tipo índica y de 200 kg/ha para las japónicas.

Cada variedad de arroz (híbrida o no híbrida) tiene su dosis de siembra adecuada para las condiciones de la parcela donde pretendemos cultivarla. Los híbridos, debido principalmente a su mayor vigor y capacidad de ahijamiento, suelen necesitar dosis más bajas de semilla. Por otro lado, el mayor precio de la semilla híbrida obliga a no utilizar dosis excesivas, superiores a las convenientes. Los híbridos tipo Indica (Fig. 4.21) requieren dosis de alrededor de 75-95 kg/ha. En cambio, para SYCR-72, de grano semilargo (japónica), la cantidad recomendable rondó los 100-110 kg/ha.

4.3.4.- Método de siembra

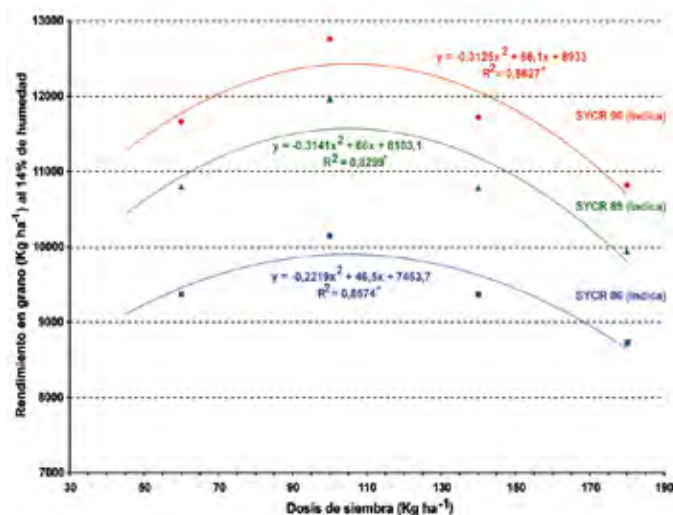


Fig. 4.21 Respuesta de tres híbridos de arroz a distintas dosis de siembra en las Marismas del Guadalquivir.

La siembra se efectúa por medios terrestres, mediante abonadora centrífuga de 1 ó 2 plattillos, o bien por avión. Actualmente alrededor del 45-50% de la superficie es sembrada por medios aéreos.

Los tractores van equipados con ruedas especiales, estrechas y con uñas de agarre (ruedas "italianas"), o bien de doble llanta, que mini-

mizan el efecto del oleaje y del enterramiento de semillas por lodos, perjudicial para la nacencia, que provocarían las anchas ruedas neumáticas convencionales.



Fig. 4.22 Siembra con tractor y abonadora de doble plato. Se aprecia la ayuda de señaleros



Fig. 4.23 Carga de semilla y siembra por avión

El sistema de carga de semilla en el depósito del avión es muy sencillo y rápido, utilizándose un elevador que aproxima una gran saca (*big bag*) de semillas, terminada en una manga para facilitar la operación de descarga en el aparato. Para facilitar la uniformidad de la distribución de la semilla el piloto cuenta con el apoyo de personas (señaleros) y de señales (cañas) en tierra, que le sirven de referencia. Algunos tractores vienen equipados con un sistema de orientación geográfica

(GPS) que evitan la necesidad de señaleros. Por ahora, dicha tecnología solo es utilizada por algunos aviones en algún tratamiento insecticida.

En Extremadura algunos agricultores realizan la siembra en seco, previa a la inundación. Existe una gran explotación (Casa de Hitos), con suelos ligeros y no salinos, donde se realiza la siembra directa y en seco de arroz sobre rastrojo no labrado de maíz o de arroz, con resultados aceptables. Se dan varios riegos mediante el sistema "Pivot" en vez de nuestro tradicional sistema de inundación continua. Se ha constatado un incremento gradual muy significativo de la materia orgánica y fertilidad del terreno.

4.4.- Densidad de plantas

El objetivo es tener 130-220 plántulas/m² sanas, vigorosas y uniformemente distribuidas. La densidad de plántulas y su grado de ahijamiento, que también depende de la variedad, darán lugar al número de panículas/m², componente fundamental del rendimiento en grano. Una dosis de siembra de 165 kg/ha supone unas 540 semillas/m², oscilando su número según el peso del grano de cada variedad. El arrocero es consciente de la existencia de muchos factores que provocan la diferencia entre el número de semillas sembradas y el de plántulas resultantes, pudiendo influir sobre la mayoría de ellos. Durante las primeras semanas del cultivo el número potencial de plántulas se reduce a la mitad o a 1/3 (incluso más en malas condiciones de siembra) debido a las pérdidas causadas por enterramiento de la semilla, por plagas y enfermedades de grano y plántula, por accidentes climáticos y por la acción desarraigante del oleaje y consiguiente deriva, entre otras causas.

Las densidades preocupantes suelen situarse por debajo de 90-100 plántulas/m², siendo



Fig. 4.24.- Hubo que resembrar por aplicación de compost inmaduro. Labor previa de fanguero (J. M. García Cano)

frecuente tomar medidas drásticas (resiembra) cuando se alcanza el umbral de 35-45 plantas/m². Como ocurre siempre en el campo, estos valores



Fig. 4.25.- Replanta

son referenciales y dependen también de otros factores como variedad, fecha de siembra, condiciones climáticas, etc. Las resiembras deben ser evitadas en lo posible, ya que sus resultados suelen ser más o menos insatisfactorios. Es habitual sembrar densamente una pequeña zona (plante-ra) con el fin de realizar una eventual replanta. La proporción de superficie es de 1 ha de plantera por cada 50-70 ha de cultivo.

Los principales factores que afectan al establecimiento del arrozal son analizados a lo largo de este libro. A continuación los exponemos brevemente.

El lecho de siembra ideal debe estar seco, uniformemente nivelado, con un tamaño adecuado de terrón, libre de malas hierbas y de restos vegetales del cultivo anterior así como bien abonado. Un suelo seco antes de la inundación reduce la germinación y el desarrollo de las malas hierbas,



Fig. 4.26.- Mala nacencia por falta de nivelación

retarda el desarrollo de algas y de algunas plagas e incrementa la disponibilidad de nutrientes del suelo y la oxigenación necesaria para la germinación. La nivelación del terreno mejora el manejo del agua. Una profundidad uniforme de agua da lugar a una uniforme emergencia y desarrollo de las plantas. El control de malas hierbas y el desagüe de la parcela están también influenciados por una nivelación precisa. Conocemos la importancia del tamaño del terrón en el anclaje de las plántulas y en el control de las malas hierbas. El lecho de siembra no debe estar demasiado "liso", ya que dificulta el anclaje de la raíz. Debe estar libre de restos de cosecha en la superficie dado que éstos facilitan las condiciones favorables para el desarrollo de algas, enfermedades de la plántula y para la formación de gases tóxicos.

Las plántulas de arroz responden a las aplicaciones de nitrógeno y, en suelos deficientes, también a las de fósforo. La escasez de nitrógeno puede acarrear la necesidad de resembrar, con el consiguiente retraso, aumentándose el riesgo de ataque de piricularia, paradójicamente igual que sucede cuando aplicamos dosis excesivas de dicho nutriente. Es posible, aunque muy poco frecuente, la clorosis e incluso la pérdida de plántulas a causa de deficiencias de zinc. La distribución uniforme del abonado y su colocación adecuada mejora el desarrollo de la plántula, minimiza las pérdidas de nitrógeno, reduce el crecimiento y desarrollo de algas y evita la estimulación del crecimiento de las malas hierbas.

Es también esencial la utilización de semilla de calidad. El grano destinado para semilla se cosecha con algo menos de humedad que el destinado al consumo, con el fin de mejorar su vigor y poder germinativos. Si la semilla está protegida contra las enfermedades de plántula es posible reducir la dosis de siembra. Utilizando dosis excesivas se incrementa el encamado, el riesgo de enfermedades (*Pyricularia oryzae*, *Sclerotium oryzae*) y se reduce el rendimiento en grano. La pureza varietal prueba que la semilla está libre de malas hierbas, de granos rojos y de materias inertes. La desinfección incrementa la supervivencia de las semillas y por tanto la densidad de plántulas y la uniformidad de su distribución. La semilla pregerminada mejora el arraigo y da ventaja de crecimiento al arroz.

Debe sembrarse con una temperatura del aire y del agua adecuada. La temperatura del agua tiene influencia sobre el desarrollo radicular y aéreo de la plántula. El agua turbia restringe la penetración de la luz hasta la joven plántula, reduciendo su actividad fotosintética y haciéndola débil y clorótica. Las siembras tardías requieren una reducción en el abonado nitrogenado. La siembra debe efectuarse tan pronto como sea posible tras la inundación inicial del campo, ya que cualquier retraso da ventaja a las malas hierbas, algas y plagas.

Para aprovechar el potencial de las nuevas variedades, especialmente las de tipo Indica,

es conveniente poder manejar bajos niveles de la lámina de agua en la “tabla” durante el período de establecimiento y desarrollo de la plántula. Los nuevos herbicidas contra las “colas” (*Echinochloa sp.*), de aplicación más tardía, permite utilizar niveles más bajos de agua en las primeras etapas del cultivo.

Las plagas que causan mayores daños a la semilla y a la joven plántula (quironómidos y “tijeretas”) deben ser combatidas. El control de las malas hierbas reduce su competencia con las plántulas de arroz.



Riego

Riego

La producción de arroz depende en gran parte de la disponibilidad, calidad y manejo del agua de riego. La escasez de lluvias y la propia situación de la zona arrocerá (en el tramo final de los regadíos del Guadalquivir, que está sometido además a la intrusión de agua marina) provocan, con excesiva frecuencia en los últimos años, un déficit en la cantidad y calidad del agua necesaria para obtener los máximos rendimientos en grano. Existen algunas alternativas para solucionar, al menos en buena parte, dicha falta de agua, bien mediante el incremento de la capacidad de regulación de la cuenca (nuevos embalses) o construyendo enormes balsas en la propia zona arrocerá.

Ya en la parcela, es fundamental la habilidad del regador, juzgando en cada momento la conveniencia de modificar el nivel o altura de la lámina de agua.

1.- Funciones del agua

Es obvio que la inundación tiene una influencia decisiva en el comportamiento de la planta de arroz, en el de sus enemigos y en el de otros seres vivos que comparten el mismo ecosistema.

La inundación acarrea la pérdida de la casi totalidad del oxígeno molecular (también llamado oxígeno libre) del suelo, lo que trae consigo la anaerobiosis (la vida microbiana se tiene que desarrollar en ausencia de oxígeno) así como los

procesos químicos de reducción (en sustitución de los procesos oxidativos, propios de los suelos secos, aireados). Además, la inundación hace tender al pH del suelo hacia la neutralidad ($\text{pH} = 7$), incrementando la solubilidad y disponibilidad de los principales nutrientes (nitrógeno y fósforo), aunque disminuye la del zinc. En nuestras condiciones edafológicas el pH del suelo seco (alrededor de 8,3) pierde 3 ó 4 décimas cuando se inunda.

El agua de riego transporta diversos nutrientes orgánicos y minerales, en suspensión o disueltos, respectivamente, que deposita en la parcela, frecuentemente en cantidades significativas. También aporta oxígeno, favoreciendo la actividad germinativa y radicular de las jóvenes plántulas, siendo ésta su única fuente de aprovisionamiento hasta que se forme el sistema conductor (aerénquima) que transporte el oxígeno desde las hojas hasta las raíces. Por esta razón se observa un mejor desarrollo vegetativo en las áreas con mayor circulación de agua nueva (más oxigenada), cercanas a las entradas de riego, fenómeno también debido al incremento de su fertilidad por decantación de limos. La cantidad de oxígeno disuelto en el agua disminuye con la temperatura. Un excesivo contenido de materia orgánica en el agua de riego, la cual demanda oxígeno para su descomposición, puede dificultar la germinación del grano de arroz.

El agua tiene también una función moderadora o reguladora (tampón) de la temperatura del aire que rodea a la planta. Los daños que causan las temperaturas extremadamente bajas o altas pueden disminuirse o evitarse mediante la modificación de la altura de la lámina de agua. Podemos, por ejemplo, disminuir el riesgo de esterilidad de las espiguillas en formación protegiéndolas de condiciones relativas de frío mediante una adecuada elevación del nivel del agua (con ello se logra incrementar la temperatura hasta en un par de grados). Desde otro punto de vista, durante el verano la mera presencia y circulación del agua permite refrescar el ambiente del arrozal, mejorando su actividad fisiológica.

Dejando aparte condicionamientos de suelo y microclima, la elevación del nivel del agua influye negativamente sobre la respiración, el enraizamiento y el crecimiento de la plántula de arroz, pero su efecto es mucho más perjudicial sobre la mayoría de las malas hierbas, especialmente si se evita que emerjan del agua, ya que el arroz tolera mejor las condiciones anaeróbicas de la inundación. Mejorar el control de las malas hierbas, principalmente las "colas", mediante el manejo del agua fue una de las bases de la extensión del sistema de riego continuo del arrozal en diversos países. En Las Marismas del Guadalquivir se persigue también el importante objetivo de lavar de sal el horizonte superficial del suelo (25-30 cm) así como de impedir su ascensión capilar.

El desagüe de la tabla (la seca) puede ayudar a controlar el desarrollo de algas y de algunas plagas, principalmente de quironómidos. La variación de los niveles de agua reduce la infectación de ciertas enfermedades como *Sclerotium*, como analizaremos en los capítulos de plagas y enfermedades.

Durante sus etapas de plántula el arroz tiene realmente bajas necesidades hídricas; es más, en un suelo no salino, el desarrollo radicular y el ahijamiento es menor en un terreno inundado que en un suelo sólo húmedo, con mejor aireación (lógicamente sin tener en cuenta otros condicionamientos, como el nivel de infestación de malas hierbas o de salinidad). Sin embargo, la planta es progresivamente más susceptible a los daños por sequía desde principio de encañado hasta floración. En estados fenológicos más avanzados dis-

minuyen sus necesidades de agua y a partir del estado de grano pastoso la humedad del suelo sólo tiene cierta influencia sobre la calidad del grano pero no sobre la producción.

2.- El sistema de riego

Entre Sevilla y su desembocadura, el Guadalquivir, a causa de su ligero desnivel, está sometido a régimen de mareas, existiendo una intrusión de agua marina que aumenta la salinidad de sus aguas. El agua salada del mar tiende a penetrar aguas arriba mientras que la dulce del río se opone a dicha intrusión. Entre el frente salino y el dulce se establece una zona de transición, de salinidad variable (denominada "tapón salino"), que se desplaza en función del caudal de agua dulce y de la altura de la marea. Las tomas de agua de riego para el arrozal, situadas entre 50 y 70 km. de su desembocadura, están afectadas por esta dinámica.

Aunque la planta de arroz posee una alta tolerancia a la inundación, sin embargo, es sólo medianamente tolerante a la salinidad. Concentraciones salinas en el agua de riego superiores a 1-1,2 g/l, sostenidas de manera prolongada, comienzan a disminuir los rendimientos en grano. Para no superar dicho umbral es necesario que el principal suministrador de agua dulce, la presa de Alcalá del Río, situada a 100 km de la desembocadura, desembalse alrededor de 25-30 m³/s. Aguas abajo de la presa, los afluentes del Guadalquivir aportan escaso caudal durante los meses de cultivo. En cambio son significativos los 6-8 m³/s aportados por el canal del Bajo Guadalquivir, en la margen izquierda, junto con las aguas de escorrentía de las zonas regables del Valle Inferior del Guadalquivir y del Viar. A esto hay que añadir los vertidos domésticos e industriales del área metropolitana de Sevilla, estimados en alrededor de 4 m³/s. Dado que el riego de otros cultivos, entre Alcalá del Río y la zona arrocera, demanda unos 4-5 m³/s, la zona arrocera dispone actualmente, con relación a sus recursos superficiales, del caudal desembalsado en Alcalá más, en años sin restricciones de agua, 6-7 m³/s. Alrededor del 5% de la superficie se riega con agua de pozo, presentándose ciertos problemas de salinidad en algunos parajes, especialmente a la derecha del Brazo de la Torre.

La intensificación de la reutilización del agua de riego y, en menor grado, de la explotación de los recursos subterráneos, acentuada en la última década a causa de la sequía, ha provocado un aumento de su contenido salino. En este sentido la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir llevó a cabo algunos estudios sobre la conveniencia de unificar las tomas de agua en un punto situado al principio de la zona arrocera, de donde partiría el único canal principal de distribución. Se estima que la construcción de una esclusa y compuertas móviles para evitar la intrusión salina permitirían el ahorro de cerca de $\frac{1}{4}$ parte de las necesidades totales de agua que debe aportarse durante la campaña de riego. A corto plazo, las obras de regulación más factibles parecen ser la construcción de nuevos embalses que aumenten, aproximen y aseguren los caudales necesarios para el arrozal o las balsas citadas al inicio de este capítulo, actualmente en proyecto.

El sistema de riego empleado en Andalucía es el de inundación con circulación casi continua de agua a lo largo de todo el ciclo vegetativo, basado en una red de canales de distribución y de desagüe.

El agua del río se eleva normalmente mediante potentes bombas que abastecen varios cientos o miles de hectáreas. Cada Comunidad de Regantes posee una o varias casas de bombas. Suele haber estaciones de bombeo y de impulsión.

Algunas de estas Comunidades tienden a unirse en un futuro próximo. Existen algunas concesiones para la utilización de las aguas sobrantes del desagüe de ciertas Comunidades. Hay bastantes particulares con concesión de agua, aunque su volumen, mediante pequeños motores para el riego de pequeñas explotaciones, tiene relativamente poca importancia.

Elevada el agua, inicia su salida por un canal principal del que derivan diversas acequias que a su vez se ramifican en regueras, las cuales finalmente reparten el agua a las tablas. En esta red de canales de distinto orden el caudal se regula mediante partidores o compuertas regulables, bajo el control de vigilantes de la Comunidad. La entrada de agua a la parcela se regula normalmente mediante una pequeña compuerta reglada, comúnmente denominada válvula, que permite el paso de agua desde la reguera hasta el "canalillo" de riego adyacente. El paso del canalillo de riego a la tabla de arroz se realiza a través de varias aberturas (hechas a pala sobre el almorrón), denominadas normalmente piqueras de entrada. Con el fin de evitar zonas con escasa circulación de agua dentro de la tabla, suelen existir varias piqueras de entrada y varias de salida (también denominadas de desagüe). El sistema de distribución debe ser capaz de suministrar el gran caudal necesario para la inundación inicial de la parcela, que debe realizarse en muy pocas jornadas.



Fig. 5.1: Válvula y repartidor

Al final de la tabla, por medio de pequeñas piletas o alcantarillas, se vierte el agua al canal de desagüe. Varios de estos canales convergen en un azarbe, que junto a otros desembocan en un colector general. La red de desagüe está pues organizada de forma semejante a la de distribución. En algunas parcelas existe además un sistema de drenaje, en cuyo caso sus tubos subterráneos vierten el agua salina en el sistema general de desagüe.

Para posibilitar la distribución del agua sus canales se elevan sobre el nivel del terreno, tanto más cuanto mayor es su caudal; por el contrario el sistema de drenaje se excava bajo el nivel del arrozal.

Los almorrones deben ser levantados y mantenidos de forma que puedan contener el agua de la tabla a lo largo de toda la campaña, teniendo en cuenta la acción erosiva del viento, del oleaje y de otros factores, como los cangrejos, que pueden horadarlos y provocar pérdidas por derramamiento. Al hablar de labores preparatorias describimos su construcción y la conveniencia de mantenerlos libres de malas hierbas, tanto en su parte superior como en las laterales. Son, además, estrechos pasos personales hacia ciertas áreas de la parcela. También reiteramos la necesidad de una correcta nivelación.

Los caminos proporcionan acceso a los distintos puntos de control de agua y permiten el movimiento de la maquinaria dentro y fuera de la tabla, de ahí la importancia de su mantenimiento. A veces reemplazan a los almorrones como márgenes. Para un buen manejo del cultivo es esen-



Fig. 5.2.- Piquera de salida (con "caja" regulable) y pileta de desagüe

cial poder acceder fácilmente a todo el perímetro de la parcela.

El nivel de agua de la tabla se regula a su salida. Se puede elevar o bajar añadiendo o quitando, respectivamente, tablillas de distinta altura, cuyos lados se insertan en una ranura, realizada con ese fin, de cada una de las caras internas de la piquera de salida (desagüe). El agua de esorrentía cae (vacía) a la pileta de desagüe. El fondo de estas alcantarillas se encuentra unos 10 cm por debajo de la superficie del suelo, de forma que al quitar las tablillas se produzca un rápido vaciado de la parcela. Este sencillo sistema de tablillas permite obtener el nivel requerido en cada momento por el cultivo (la mayoría de los tratamientos fitosanitarios también exigen un manejo de agua específico) además de prevenir que el agua desborde los almorrones. En determinadas circunstancias se creaba un canal de desagüe, de escasa profundidad, dentro de la parcela, con el propósito de facilitar su vaciado; actualmente, con la mejora de la nivelación, esta práctica es poco frecuente.

Si dejara de fluir agua por una reguera que no estuviera suficientemente elevada sobre el terreno, el agua de la tabla podría retornar a dicha reguera (fenómeno conocido como "sorregado"). En estas circunstancias, se suelen colocar piqueras reguladas por tablillas en las entradas de agua, similares a las descritas para el desagüe.

Conocemos la conveniencia de disponer de un terreno seco antes de llevar a cabo la inundación inicial; sin embargo algunos canales de la red tienen pérdidas por filtración que acaban afectando a las parcelas limítrofes. Con el fin de protegerlas de estos encharcamientos indeseados se suele establecer, en el margen común, un surco protector denominado "canalillo de filtración".

En parcelas muy largas o frecuentemente azotadas por el viento se levanta, a veces, un pequeño almorrón (rompeolas) en medio de la tabla, perpendicularmente a la dirección de los vientos dominantes. Estos almorrones cortavientos no conectan con los márgenes, tratando de no entorpecer demasiado la circulación del agua.

Lógicamente existen algunas variantes o modificaciones al sistema general de distribución y desagüe descrito. En cualquier caso, merece destacarse que el arrocero andaluz, al contrario

que el valenciano, puede inundar o desaguar cada una de sus parcelas a voluntad, ya que disfruta de riego y desagüe independiente.

Este sistema de riego por flujo continuo tiene grandes ventajas como su bajo coste y favorecer el lavado de sales, su fácil instalación y mantenimiento así como un manejo sencillo (aunque cuando están interconectadas varias tablas dicho manejo ha de ser más preciso y cuidadoso). Por ello es el sistema comúnmente utilizado.

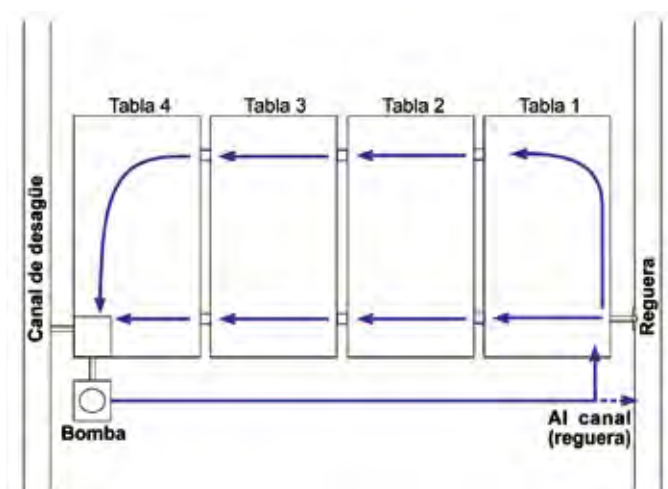


Fig. 5.3.- Sistema de riego por recirculación (esquema)

Debido a la escasez de agua de riego, algún agricultor está probando un sistema denominado de “recuperación del agua de desagüe por recirculación” (Fig. 5.3), ya que se recupera y reutiliza el agua de desagüe (escorrentía). Consiste en elevar el agua de desagüe de la última tabla hasta la tabla de mayor cota, mediante una pequeña bomba y a través de una tubería o un canal. La bomba eleva el agua directamente al arrozal (o a un canal colindante), volviendo nuevamente a circular, por gravedad, a través del sistema de riego. La profundidad del agua en cada tabla se regula mediante las mencionadas “cajas de desagüe”. Este sistema de recuperación y recirculación del agua está extendido en algunas áreas arroceras (por ejemplo de California) donde existen problemas relacionados con el suministro y el precio del agua de riego así como estrictas regulaciones que obligan a los arroceros a mantener en sus parcelas (durante un estipulado período de retención) las aguas tratadas con pesticidas, hasta que se disipen o transformen en productos menos tóxicos. Cabe resaltar que varias grandes ciudades californianas

están ubicadas “aguas abajo” de las principales áreas arroceras. Como detalle, añadiremos que este sistema reduce el efecto negativo de regar con agua fría. Los costos unitarios derivados de su instalación y uso disminuyen al aumentar el número de hectáreas. Las dos principales ventajas mencionadas (ahorro de agua y menor vertido de contaminantes a los cauces públicos) quedan contrarrestadas por varios importantes inconvenientes que acompañan a este sistema de riego (en comparación con el sistema tradicional de riego o flujo continuo), como son su mayor coste de instalación y operación, requerir una superficie de terreno para el transporte y/o almacenamiento de agua, un manejo cuidadoso para contrarrestar el gasto con la entrada de agua (además de preciso cuando están conectadas varias tablas) y un menor lavado de sales del suelo (a tener muy en cuenta en nuestras condiciones de cultivo),

En otras regiones arroceras españolas podemos encontrar otros sistemas y manejos del agua del riego. En amplias zonas de Extremadura, por ejemplo, está extendida la inundación con escasa circulación de agua, reponiéndose exclusivamente las pérdidas por evapotranspiración; incluso en alguno de sus terrenos ligeros y no salinos se ha implantando el riego por aspersión mediante pivot, sembrándose, además, el arroz directamente sobre el rastrojo de otros cultivos como el maíz.

3.- Uso y consumo de agua

Las dotaciones de riego normalmente oscilan entre 1.5 y 3.4 l/s y ha, es decir, los volúmenes de agua que circulan (usados) por hectárea, a lo largo de toda la campaña de riego, suelen variar de 20.000 a 45.000 m³, dependiendo principalmente de la cuantía de la concesión así como de su disponibilidad, del manejo del agua, de su calidad y, en mucho menor grado, de las condiciones de evapotranspiración de la campaña. Excepcionalmente algunas concesiones alcanzan los 4 l/s y ha.

Pero existe una gran diferencia entre la cantidad de agua usada y la realmente consumida, debido al alto grado de su reutilización (reciclado). Para distinguir agua usada de agua consumida definiremos primeramente algunos conceptos (Fig. 5.4).

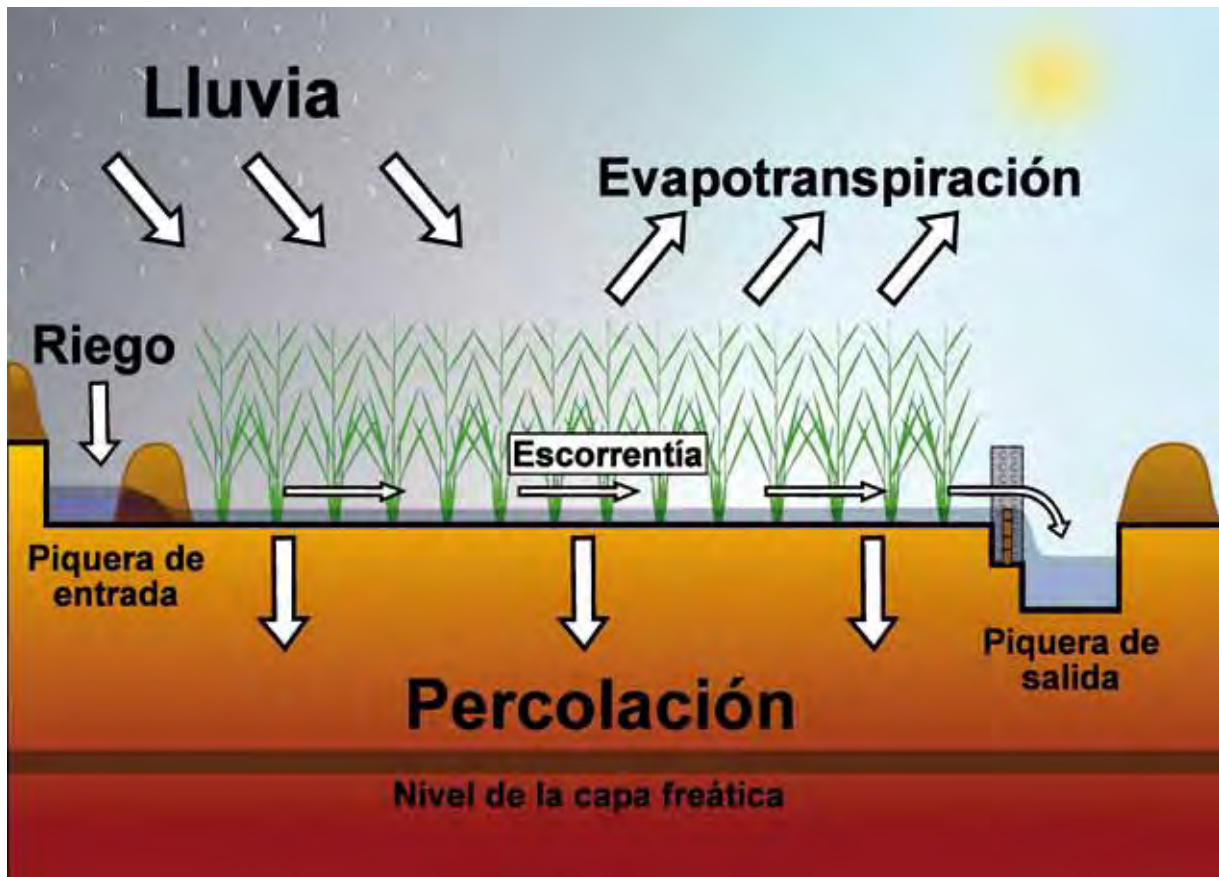


Fig. 5.4.- Balance de agua en una parcela de arroz

La evapotranspiración (ET) es la suma del agua transpirada por la planta más la evaporada de la superficie de la tabla, esté inundada o en período de seca. En cada momento depende básicamente de la temperatura, la humedad relativa del aire, los vientos y del estado fenológico del arroz. Hasta que el cultivo cubra el terreno, la evaporación superará a la transpiración, ocurriendo posteriormente lo contrario. Los mayores valores de ET se alcanzan en julio y agosto. En condiciones medias una hectárea de arroz evapotranspira alrededor de 760 mm, algo más en campañas muy calurosas, a lo largo de todo el ciclo vegetativo. La ET del arroz no es excesiva sino comparable a la de otros cultivos como la alfalfa.

La percolación puede variar considerablemente en función de las características del suelo. En suelos arcillosos es prácticamente despreciable (a veces incluso se produce un ascenso de la capa freática). En suelos muy ligeros, casi inexistentes en Las Marismas, las pérdidas de agua por infiltración hacia capas profundas pueden ser considerables.

En un sistema de riego continuo, o casi continuo, es consustancial la existencia de elevados volúmenes de escorrentía.

A veces el agua sobrante de una tabla sirve para regar también la contigua, antes de alcanzar el canal de desagüe, aunque lo normal es que, en Andalucía, cada parcela tenga riego independiente. Frecuentemente se reutiliza el agua de escorrentía bombeándola de los canales de desagüe, procedimiento que incluso puede reiterarse dos o más veces, creándose pues un circuito casi cerrado. Esto conlleva un incremento progresivo de la salinidad, que a veces puede paliarse median-

Uso del agua

$$\text{Riego (volúmenes aplicados) + lluvia} = \text{Evapotranspiración + percolación + escorrentía}$$

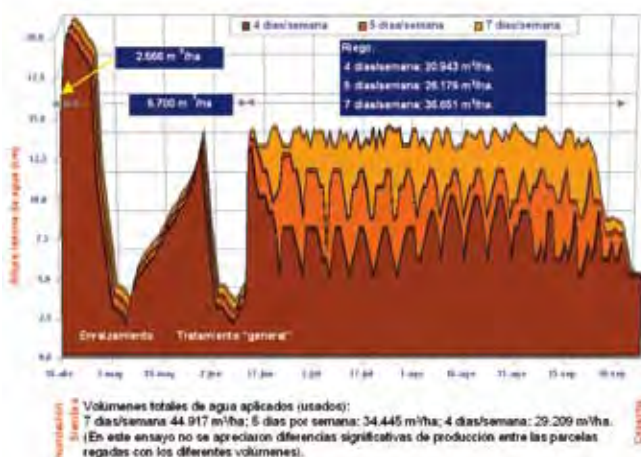
- **Volúmenes usados (aplicados):** de 20.000 a 45.000 m³/ha
- **Lluvia** (de mayo a septiembre): 80 mm (800 m³/ha)
- **Evapotranspiración (ET):** 760 mm (7600 m³/ha)
- **Percolación:** casi despreciable, ya que el suelo es impermeable
- **Escorrentía:** de 13.200 a 38.200 m³/ha (riego + lluvia - ET)
- Es habitual el **reciclado o reutilización del agua de riego**, por lo que los **volúmenes consumidos** (11.000-12.000 m³/ha) son muy inferiores a los aplicados.

Fig. 5.5.- Diferencia entre uso y consumo de agua. Balance de agua en una parcela de arroz en las Marismas del Guadalquivir

te mezclas con aguas más dulces. Además, parte de las escorrentías que van al río son retomadas aguas abajo por otras estaciones de bombeo o bien entran a formar parte del denominado caudal ecológico. Todo ello implica que el consumo real es muy inferior a los volúmenes que entran a la tabla. El consumo real de una parcela sería la suma de su ET, que es un consumo ineludible, más aquellas escorrentías que no acaben evaporándose en otras parcelas, debido al mencionado proceso de reciclado. Aunque se desconoce la intensidad o grado preciso de reutilización del agua de riego estimamos que el consumo real se encuentra en torno a los 11.000-12.000 m³/ha, no alcanzando en ningún caso el doble del valor de la evapotranspiración. Las explotaciones arroceras abastecidas exclusivamente por aguas subterráneas suelen bombear alrededor de 1,5 l/s y ha, siendo aún menor su consumo real de agua.

El sistema tradicional de riego continuo, por el que circulaba el agua siete días por semana, ha sido sustituido en estos últimos años, debido a la escasez de agua, por el consistente en dejar de regar dos días por semana (a veces incluso tres) a partir de aproximadamente 35-40 días de la siembra. Los resultados de dos experimentos llevados a cabo para comparar ambos sistemas, a los que añadimos los de un tercero consistente en dejar de regar tres días por semana en vez de dos, se muestran en la Fig. 5.6.

Analizados los componentes del rendimiento, la producción y los rendimientos industriales, no se encontraron diferencias significativas, en ningún parámetro, entre los tres sistemas de riego.



Evolución de la altura de la lámina de agua en una parcela de arroz con diferentes turnos de riego. Estimación de volúmenes aplicados. Finca Casudis. Puebla del Río (Sevilla) 1998

El ahorro de agua utilizada, que supone la aplicación de ambos sistemas discontinuos, sería lógicamente menor si, con el fin de compensar al arroz por dichas secas secuenciales, se aplicaran caudales superiores a los normales al reanudar los riegos. Desde otro punto de vista es indiscutible, y considerable, el ahorro energético que trae consigo la reducción del tiempo de bombeo. Es necesario destacar que en estos experimentos se regó con agua de aceptable contenido salino, nunca superior al gramo y medio por litro. Con aguas más salinas y/o en terrenos salinos es más arriesgado reducir el tiempo de riego a 4 ó 5 días por semana, especialmente si no se tienen plenas garantías de poder reanudarlo en el momento correspondiente.

De hecho, en las últimas campañas se ha convertido en casi habitual regar cinco días a la semana (descansando normalmente sábados y domingos), según se ha expuesto. Esta práctica es fruto de un acuerdo entre la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y los representantes de los arroceros (Federación de Arroceros y Comunidades de Regantes) a fin de disminuir el consumo a cambio de procurar mantener la calidad (baja salinidad) del agua de riego.

4.- El manejo del agua

El regador regula la entrada y salida de agua en la parcela, determinando la evolución de su nivel a lo largo de todo el ciclo de cultivo. Dado que la utilización o manejo racional del agua de riego no está sometido a una ley fija, sino a diversos e incluso a veces contrapuestos condicionamientos, su experiencia y maestría son fundamentales.

Con el propósito de impedir el desarrollo de las malas hierbas durante buena parte del invierno, algunos agricultores, tras la labor de "fanguero", mantienen inundadas sus tablas hasta principios de Enero, para proceder a su desecación y posterior inicio de las labores preparatorias de la siembra. Otros las dejan secas, aplicando un herbicida total a primeros de Febrero o bien dando un pase adicional de grada.

Una vez terminadas las labores preparatorias del lecho de siembra, se procede, lo antes posible, a la inundación de la tabla. Si se dispone de

canalillo de riego, se abren entradas de agua, de unos 30 cm de anchura, con ayuda de una pala. En caso contrario, el agua fluirá directamente a la parcela desde la compuerta de riego o bien entrará a un repartidor, construido en obra de fábrica, desde donde se regularía la entrada del agua.

La inundación inicial debe ser llevada a cabo de forma que la tabla se llene en poco tiempo pero sosegadamente. Por término medio se suele emplear un par de días en esta operación, siendo infrecuente, y poco recomendable, superar los cuatro días. A veces es factible llenar las tablas en veinticuatro horas (aplicando caudales cercanos a 15 l/s y ha), lo cual puede acarrear cierta erosión del suelo, en la entrada, y turbidez de agua.

La siembra debe realizarse inmediatamente después de la inundación inicial a fin de que el arroz pueda competir por el escaso oxígeno disponible del suelo, así como, principalmente, para evitar retrasos en su desarrollo con respecto al de las malas hierbas, algas y ciertas plagas y enfermedades. Demorar la siembra provoca también que los pequeños terrones se deshagan, formándose una delgada costra superficial que dificulta la penetración de las raíces, lo que incrementa el riesgo de deriva de plántulas a causa del viento.

Completada la inundación inicial, salen a flote restos del rastrojo anterior así como de malas hierbas (trituradas por las labores preparatorias), los cuales, a causa del viento, se acumulan en los márgenes de la parcela. Esta acumulación de materia orgánica, que puede llegar a cubrir una anchura de 8-10m., se debe intentar evacuar por alguna piqueta de salida que tenga el aire a su favor; aún así suelen quedar restos en márgenes y rinconeras, que tendrán que sacarse manualmente, con ayuda de rastrillo, a fin de impedir su putrefacción así como perder superficie de cultivo

El efecto de las características del agua (temperatura, contenido en oxígeno y en nutrientes) que se introduce en la parcela es patente en las áreas cercanas a la piqueta de entrada, decreciendo gradualmente conforme se adentra en la tabla, desapareciendo prácticamente cuando ha recorrido aproximadamente un cuarto de su longitud, incluso si aumentamos el caudal. Incrementar el número de piquetas de entrada y de salida es la mejor manera de extender los efectos benefi-

ciosos del agua nueva y de mejorar la circulación dentro de la tabla.

La altura adecuada de la lámina de agua depende del grado de desarrollo de la planta y, además, de la variedad, de las condiciones climáticas, del tipo de malas hierbas y herbicidas empleados así como de la incidencia y severidad de ciertas plagas y enfermedades.

Los agricultores consideran al rápido desarrollo de las plántulas como un signo de buen establecimiento del cultivo. En general la germinación, el establecimiento y el desarrollo de la plántula se favorece con bajos niveles de agua, especialmente si se trata de variedades tipo Indica. Con bajos niveles, el viento causa mayores perjuicios a las plántulas que están débilmente arraigadas. En condiciones ideales también el ahijamiento se incrementa con poca altura de la lámina (2-10 cm). En caso de excesiva altura se adelanta la fecha de espigado, parece ser que por una reacción de estrés. Cuando las condiciones no son las ideales, lo cual ocurre con bastante frecuencia, puede ser beneficioso y obligado elevar el nivel. En este sentido, el desarrollo de la mayoría de las malas hierbas, los daños de pájaros y los de roedores se incrementan en aguas poco profundas. En nuestra región, creemos que el incremento de la profundidad aumenta notablemente el control de *Lepidochloa fascicularis* y de las diversas especies de equinocloa, de forma moderada de *Ammania sp.*, y muy ligeramente el control de *Scirpus maritimus*, *Cyperus difformis* y *Sagittaria sp.* De cualquier forma, una mala hierba "tocada" por un herbicida es, por supuesto, más factible de eliminar si elevamos la altura de la lámina de agua.

Existe, por tanto, un menor control de las malas hierbas cuando utilizamos bajos niveles de agua así como un inferior desarrollo del cultivo si son demasiado altos. Se trata, pues, de alcanzar un balance entre ambos riesgos. Es habitual dar una "seca", más o menos a los 35-40 días después de la siembra, con el fin de llevar a cabo el tratamiento "general" contra ciperáceas y malas hierbas de hoja ancha. Parece ser que esta seca mejora algo la tolerancia al encamado. Es raro, pero puede ser necesario, secar la parcela a fin de airear el suelo y desactivar los gases y ácidos orgánicos fitotóxicos.

Entre finales de ahijado y unos veinte días antes del espigado la profundidad del agua tiene poco efecto sobre el desarrollo de la planta; sin embargo durante las tres semanas siguientes puede ser conveniente elevar el nivel a fin de proteger a la planta de las bajas temperaturas nocturnas, que pueden provocar esterilidad panicular. Después de floración el nivel de agua suele permanecer más o menos constante. Algunos investigadores defienden que el nivel afecta a la humedad del grano en recolección, siendo algo mayor con baja profundidad. Pocos días antes de la cosecha se desagua parcialmente la tabla a fin de lograr la altura adecuada para un correcto funcionamiento de la cosechadora, como se aprecia en la Fig. 5.6. Durante la maduración del grano, en variedades susceptibles al encamado, puede ser conveniente la bajada anticipada del nivel a fin de evitar el contacto de la panícula con la superficie del agua, lo que provocaría disminuciones del rendimiento y sobre todo de la calidad del grano.

Cada herbicida requiere condiciones específicas de altura de agua, durante y después de su aplicación. Las características de muchos herbicidas obligan a mantener determinados niveles de agua, durante cierto tiempo, a fin de disminuir su volatilización o simplemente aumentar su eficacia (tal como comentaremos en el capítulo de malas hierbas). Los herbicidas de contacto, por el contrario, exigen un desagüe casi completo a fin de poder acceder a la mayor superficie posible de las malas hierbas que controlan. Los "cortes" de agua condicionan, por tanto, los tratamientos herbicidas. Finalizado el período de tratamiento, la elevación del nivel del agua suele reforzar la acción herbicida.

En caso de fuertes infecciones de algas o de ciertos insectos perjudiciales (larvas de quironómidos) la reducción y regulación de un nivel mínimo de agua puede detener su proliferación o provocar su muerte, potenciándose el desarrollo de las jóvenes plántulas y disminuyéndose, a veces, el empleo de productos fitosanitarios. Para calcular la dosis de producto por hectárea en los tratamientos herbicidas, insecticidas o alguicidas que se aplican y disuelven en el agua de la tabla se debe tener en cuenta su nivel, dado que a menor altura corresponde una mayor concentración. Generalmente la dosificación está referida a una capa de agua de alrededor de 10 cm de profun-

didad, aunque siempre es necesario conocer las características e indicaciones propias de cada producto.

5.- Calidad del agua

Las raíces absorben el agua y las sales minerales de la solución del suelo. En el capítulo de clima y suelo se trató sobre suelo. Ahora trataremos la salinidad y la alcalinidad del agua de riego, así como sus implicaciones agronómicas en el arrozal.

Entre las características que determinan la calidad del agua de riego podemos incluir su temperatura, su contenido en boro, su riqueza en materia orgánica y otros nutrientes, su alcalinidad y, especialmente en nuestras condiciones, su salinidad.

Ya comentamos la práctica de elevar la temperatura del agua fría procedente de algunos pozos, manteniéndola por un tiempo en los canales de desagüe antes de rebombearla para inundar la tabla, con el fin de mejorar la germinación y el desarrollo de las jóvenes plántulas.

El contenido en boro, dado su carácter tóxico, es conveniente que no sobrepase una parte por millón (1 ppm), umbral que rarisísimamente se alcanza en nuestras condiciones de cultivo.

Los vertidos urbanos e industriales junto con los residuos de pesticidas y abonos transportados por el agua de riego pueden darle un carácter nutritivo (eutrófico) y/o contaminante. El exceso de materia orgánica en el agua trae consigo la disminución de su contenido en oxígeno, tan conveniente para la plántula. La riqueza en nitrógeno y otros nutrientes favorece la proliferación de algas y malas hierbas, tanto en los canales como en la parcela. Sin embargo, en condiciones normales, el arrozal se beneficia del incremento de fertilidad provocado por los limos y los diversos elementos nutritivos aportados por el agua de riego.

La reutilización del agua, aunque incrementa progresivamente su salinidad, da más tiempo a la degradación de los productos fitosanitarios dentro de las tablas. El arrozal limpia y depura el agua antes de devolverla, en su mayor parte, al río. El grado de salinidad del agua del río, tomada para riego, varía a lo largo de la jornada debido al régimen de mareas y de desembalses.

La alcalinidad del agua suele medirse mediante la relación de adsorción de sodio (RAS, o SAR en siglas inglesas), que indica la proporción de sodio con relación a otros cationes no tóxicos (calcio más magnesio).

El sodio degrada la estructura del suelo y eleva su pH (lo hace más básico o alcalino), incrementando el riesgo de inmovilización y deficiencia de algunos microelementos, principalmente del zinc.

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

La forma más usual de estimar la salinidad de una muestra de agua (al igual que del extracto de saturación de una muestra de suelo) es midiendo su conductividad eléctrica (a veces se determina la salinidad por valoración química). La conductividad eléctrica se puede expresar en diferentes unidades, según las siguientes equivalencias

$$\begin{aligned} \text{deci Siemens/m (dS/m)} &= \text{milimhos/cm} \\ (\text{mmhos/cm}) &= 1000 \text{ micromhos/cm} \\ (\text{nmhos/cm}) & \end{aligned}$$

Entre el contenido de sales y la conductividad eléctrica existe la siguiente relación estimativa:

$$\text{Gramos de sal/litro} = 0,64 \times \text{C.E. (en dS/m)}$$

La salinidad de la solución del suelo, incrementada por la aportación de aguas salinas, reduce el rendimiento del arroz. El cloruro sódico es la sal predominante, aunque otras sales de calcio y magnesio suelen estar presentes.

Según algunos manuales de riego americanos (General rice irrigation water quality guide) a partir de tan sólo 1,2 dS/m (equivalente a 0,7g/l de sal) las plántulas de arroz comienzan, ligeramente, a sufrir estrés salino. Para otros parámetros establecen los siguientes umbrales: RAS > 10; bicarbonatos > 5.

Según nuestros resultados experimentales, estimamos que el rendimiento potencial (máximo) en grano disminuye ligeramente (5-10%) si regásemos a lo largo de toda la campaña con contenidos salinos de 1-1,2 g/l. Con niveles de salinidad

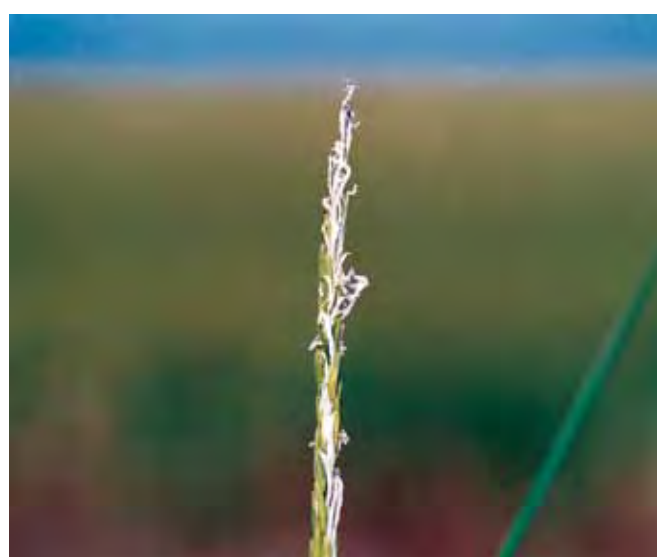


Fig. 5.8.- Daños por elevada salinidad en hoja y panícula

entre 2 y 3 g/l las pérdidas son muy considerables (Tabla 5.9 y Fig. 5.10) y por encima de 3 g/l el rendimiento en grano descende drásticamente (Tabla 5.11). La duración y volumen del riego salino, el estado fenológico del arroz, y en mucho menor grado, el grado de tolerancia de la variedad, influyen también en la pérdida del rendimiento.

El Reglamento de Producción Integrada de Arroz en Andalucía “recomienda” utilizar agua de riego con los siguientes valores: conductividad eléctrica < 2,25 dS/m (equivalente a 2,44 gramos de sal por litro); RAS < 7 (umbral relativamente bajo); boro < 1ppm; bicarbonatos < 2,5 meq/l (umbral relativamente bajo).

La planta de arroz es medianamente tolerante a la salinidad del agua de riego, más que el maíz pero menos que otros cultivos, como la cebada, el algodón y la remolacha. Los primeros daños sobre la planta son de carácter osmótico,

Tabla 5.9.- Respuesta agronómica del arroz en condiciones de alta salinidad (2,8-3,5 g/l ClNa) a lo largo de todo el ciclo del cultivo.
Finca Mínima. Isla Mayor. Sevilla 1994. Datos RAEA

Variedad	Dosis nitrógeno kg/ha)	Días a : 50% Espigado	% Flores estériles	Altura planta	Longitud panícula (cm)	% Encamado	Componentes del rendimiento				Producción kg/ha al 14% de humedad
							Nº paniculas/ m²	Nº Granos/ panícula	% Granos vacíos	Peso (g) 1000 granos	
Thaibonnet	0	86	10,2	56,0	11,6	0	446	32	26,3	22,3	1685
	30	93	14,5	55,8	10,7	0	554	29	22,4	21,7	1759
	60	92	18,3	56,5	11,6	0	588	29	30,4	22,9	1819
	90	90	20,6	57,8	11,9	0	465	28	27,1	23,8	1901
	120	99	22,0	57,6	10,2	0	533	27	24,9	24,1	1820
	150	99	18,8	58,1	11,2	0	545	25	27,1	23,0	1895
	180	103	19,9	57,0	11,7	0	565	28	27,2	23,4	1823
	210	96	14,5	58,4	11,4	0	580	27	32,4	23,6	1691
	Thainato	0	84	8,7	66,1	11,7	0	441	38	16,5	25,3
30		86	15,3	65,4	10,7	0	517	37	17,0	25,5	2401
60		86	12,3	67,3	11,3	0	476	37	14,9	25,7	2381
90		88	12,4	67,7	10,7	0	517	37	17,3	25,9	2329
120		88	11,3	66,7	11,0	0	542	36	15,6	25,9	2517
150		89	13,2	69,8	11,6	0	550	35	14,7	26,0	2727
180		91	10,4	69,8	11,7	0	461	35	19,5	26,1	2444
210		91	16,2	70,5	11,7	0	555	36	14,7	26,4	2666

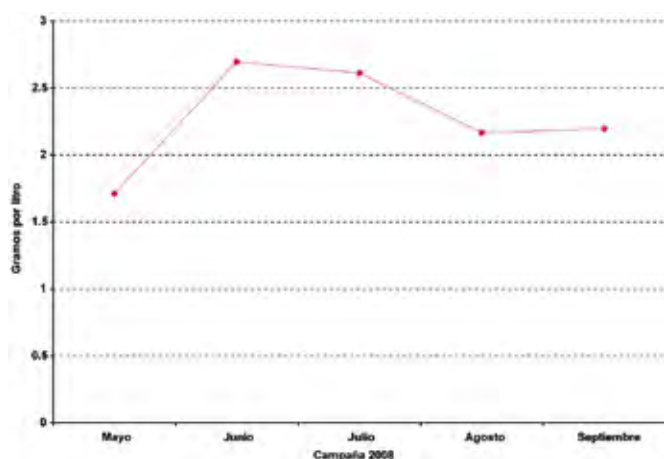


Fig. 5.10.- Evolución del contenido salino del agua de riego. Comunidad de Regantes Cantarita, 2008

ya que al aumentar el contenido salino de la solución del suelo se dificulta la absorción radicular de agua y nutrientes. Con elevados contenidos salinos los distintos iones provocan efectos tóxicos sobre la planta.

El arroz es muy susceptible a la salinidad en sus primeros estados de desarrollo. Si la plántula sobrevive, la planta se hace progresivamente más tolerante, aunque durante la etapa de espigado y especialmente en floración vuelve a ser muy susceptible. En las plántulas expuestas a excesivos niveles de salinidad las puntas de sus hojas más viejas se vuelven cloróticas, adquiriendo posteriormente un color blanquecino, antes de

morir. El crecimiento y ahijamiento de las plantas se reducen, pudiendo depositarse pequeñas cantidades de sal sobre la planta (a la altura del nivel del agua) o sobre el suelo (en los márgenes de la parcela). El daño en espigado y floración se manifiesta en un incremento de la esterilidad floral, lo que suele acarrear la aparición posterior de espiguillas retorcidas, blancas y vacías.

Estos períodos de mayor sensibilidad a la sal, especialmente el de floración, conviene tenerlos en cuenta a la hora de decidir desembalses o riegos en años de escasez de agua. Cuando el contenido salino del agua del río es alto las estaciones bombean, aprovechando las mareas bajas. En esta situación parece más conveniente introducir grandes volúmenes de agua, dado su efecto de lavado de sales, en vez de aplicar riegos cortos e intermitentes. Los riegos con aguas muy salinas o la ausencia de riego pueden afectar el rendimiento en grano en años posteriores, ya que los suelos de la Marisma necesitan un lavado permanente.

En suelos alcalinos (con alto contenido en sodio) poco frecuentes en las Marismas, los daños son todavía mayores: pobre germinación y emergencia, escaso crecimiento y ahijado y falta de respuesta a cualquier tipo de fertilización. La debilidad causada por las condiciones salinas y/o alcalinas aumenta la susceptibilidad del arroz a accidentes, plagas y enfermedades.

Tabla 5.11.- Ensayo de variedades de arroz en condiciones salinas*.

Finca Veta de la Palma. Puebla del Río (Sevilla), 1999. RAEA

Variedades	Días a espigado	Altura planta (cm)	% de encamado	Componentes del Rendimiento				Humedad en cosecha (%)	Rendimiento Industrial		Rend. Grano
				Panículas /m ²	Nº granos /panícula	% granos vacíos	Peso (g) de 1000 granos		Total (%)	Enteros (%)	kg/ha al 14% humedad
Fonsa	854	5,7	5	797	33,3	4,2	28,5	22,3	73,0	50,0	4.445
Marjal	864	7,0	0	865	31,9	8,5	30,4	20,7	71,6	64,7	4.283
Thaibonnet	100	45,3	0	764	26,6	7,0	22,8	22,4	70,0	66,0	4.072
Ullal	915	4,3	0	667	51,4	5,5	23,9	20,0	72,3	60,7	4.047
Hispagran	986	1,7	0	893	34,8	3,7	29,4	20,8	73,0	63,0	4.043
Puebla	106	57,0	3	633	25,1	2,1	34,8	20,3	71,3	49,7	3.870
Puntal	106	62,0	0	442	57,1	6,0	21,3	20,3	69,7	65,3	3.761
Thainato	946	9,0	0	670	36,1	4,2	25,5	19,6	71,3	58,0	3.707
Bahía	100	80,0	60	637	34,5	4,5	28,2	19,7	75,0	55,0	3.142
Jacinto	106	46,0	0	662	49,7	6,4	20,3	21,3	70,3	66,3	2.914
L-531	105	42,7	0	626	22,7	9,6	21,6	19,7	69,6	63,0	2.791
Maso	936	7,7	0	770	33,0	3,4	31,1	22,5	74,0	64,7	2.709
L-300	103	42,0	0	635	31,6	7,4	24,3	20,1	71,3	68,3	2.688
Galatxo	935	6,0	0	730	25,2	2,8	32,5	20,1	72,0	57,7	2.562
Aguirre	107	56,7	35	505	44,2	7,8	20,7	21,2	72,0	68,0	915
Media	98,2	55,5	7	686	35,8	5,5	26,4	20,7	71,8	61,3	3.334
C.V. (%)	-	-	-	16,9	21,6	43,5	4,6	-	2,3	7,5	10,8
M.D.S. 95%	-	-	-	194,2**	12,9**	4,0*	2,1**	-	2,8*	7,7**	602**

*El contenido salino del agua de riego sólo se mantuvo alto (de 2 a 3 g/l) entre el inicio del encañado y el comienzo de la maduración del grano. El número de panículas por m² no se vió alterado. Dado que la salinidad afectó mayormente durante la fase reproductiva los componentes de rendimiento más perjudicados fueron el número de granos por panícula y el porcentaje de granos vacíos. Disminuyó el peso del grano y su rendimiento industrial



Malas hierbas

Malas hierbas

El control de las malas hierbas es fundamental ya que compiten por el espacio, la luz y los nutrientes, especialmente durante las etapas de plántula y de ahijamiento del arroz. Las malas hierbas no sólo disminuyen la cantidad y la calidad del grano cosechado, sino que también incrementan sus costes de producción, recolección, secado y procesamiento industrial. Además hospedan y son focos de infección de numerosas plagas y enfermedades.

En nuestras condiciones de cultivo se tiene que luchar con mayor intensidad y coste económico contra las malas hierbas que contra las plagas y las enfermedades. Las especies más dañinas emergen de la superficie del agua, destacando por su importancia *Echinochloa sp.* (colas), seguida, a corta distancia, por *Cyperus difformis* (junquillo) y *Scirpus maritimus* (castañuela), tras los cuales se sitúa un tercer grupo integrado por *Typha angustifolia* (enea) y *Ammannia sp.* (arbolito), para finalizar, con menor presencia y agresividad, con *Alisma plantago-aquatica* (coleta) y *Bergia capensis*.

Identificar y seguir la evolución de cada una de las especies arvenses que infectan nuestra parcela es necesario para controlarlas eficazmente, en especial cuando aplicamos herbicidas. Un programa de control integrado de malas hierbas también incluye diversas medidas preventivas en-

caminadas a reducir su introducción en la parcela, así como determinadas prácticas culturales tendientes a disminuir la severidad de la infectación.

Las algas no son malas hierbas pero también compiten con el arroz. Son de difícil control y pueden provocar graves daños durante la nascencia.

1.- Características

Las malas hierbas que infectan nuestros arrozales son lógicamente las mejor adaptadas a vivir en un ambiente de inundación permanente. Esta flora es menos variada y difiere radicalmente de la existente en los cultivos de secano e incluso en los terrenos regados de forma intermitente.

La diversidad de malas hierbas en los arrozales españoles es menor que en la de otros países productores, incluso de la cuenca mediterránea. El número de nuestras especies arvenses es algo menor, por ejemplo, que el existente en Filipinas, Francia o Italia, aunque en los últimos años se está detectando la presencia, puntual por ahora, de nuevas especies, como *Sagittaria sp.* y *Heteranthera sp.*

Las malas hierbas más dañinas son especies de primavera-verano. Su actividad fotosintética y radicular es muy alta y eficaz, por lo que sue-

len crecer más rápidamente que el arroz, cubriendo y apoderándose antes del terreno, lo que las hace más agresivas y competitivas que el cultivo.



Fig. 6.1.-Semillas de colas. Enorme capacidad de multiplicación

También le aventajan en su capacidad de propagación. Las especies que se multiplican por semilla lo hacen en mayor cantidad y con mayor rapidez que el arroz. Otras son vivaces, reproduciéndose vegetativamente mediante estolones, rizomas o tubérculos. Algunas especies utilizan ambos métodos de propagación. En cualquier caso, de no impedir su multiplicación acabarían infectando toda la superficie del suelo.

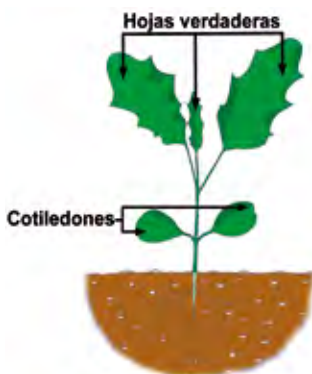


Fig. 6.2.- Plántula de dicotiledóneas (hoja ancha)

Un alto porcentaje de semillas de bastantes especies de malas hierbas es incapaz de germinar inmediatamente después de su maduración, pudiendo permanecer activas en el terreno durante varios años. Esta característica se denomina dormancia. El arroz rojo, por ejemplo, puede conservar su capacidad germinativa hasta 3 ó 4 años y las “colas” por un período de hasta 10-11 años, rompiendo su estado de letargo o dormancia tras determinados cambios u oscilaciones de temperatura, humedad y contenido de oxígeno. Por

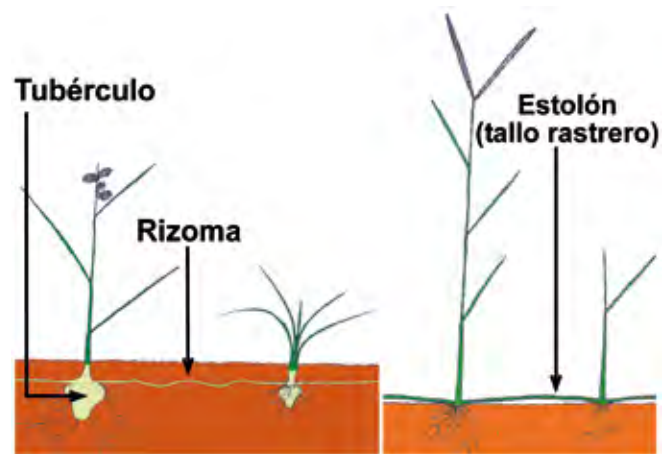


Fig. 6.3.- Formas de propagación de las hierbas perennes

ello su germinación está escalonada en el tiempo, con generaciones o emergencias diferenciadas, lo que incrementa su capacidad de infección y de supervivencia así como la dificultad de su control. Dado que sus semillas permanecen viables por muchos años en el suelo del arrozal, es esencial prevenir el establecimiento de las malas hierbas mediante un adecuado programa de control.

Las principales malas hierbas albergan y propagan numerosas especies de plagas (*Eusarcoris inconspicuus*, *Mythimna unipuncta*, etc.) y enfermedades (*Pyricularia oryzae*, *Helminthosporium oryzae*, *Sclerotium oryzae*, etc.).

A mediados del pasado siglo, la técnica de transplante fue sustituida por la de siembra directa y, más recientemente (en la década de los setenta) se introdujeron variedades de talla baja, mayormente de tipo indica. Éstos son buenos ejemplos de cómo la modificación de las técnicas de cultivo puede aumentar la dificultad en el control de las malas hierbas del arrozal. La reducida altura (con el consiguiente “menor sombreado del terreno” de estos nuevos cultivares semienanos) unida a la conveniencia de utilizar bajos niveles de agua durante su etapa de plántula, propician un ambiente más favorable para la germinación y el crecimiento de las malas hierbas. Más aún, las mayores dosis de abonado nitrogenado demandadas por dichas variedades propician no sólo el vigor y el rendimiento del arroz, sino también el de la flora arvense.

La mayoría de las malas hierbas incrementan el riesgo de encamado del arroz, así como el grado de impurezas y de humedad del grano cosechado, con su consiguiente depreciación. Ade-

más, el agricultor también valora la “estética” de su arrozal, procurando que esté bien limpio de especies arvenses.

2.- Clasificación

Las malas hierbas del arroz se pueden clasificar, de acuerdo con su localización (hábitat) en tres grupos: las que proliferan en el interior de la parcela, las que lo hacen en los almorriones y las que vegetan en los canales y riberas de las cercanías del arrozal.

Dentro del arrozal, según su hábito de crecimiento, nos encontramos con plantas emergentes, flotantes y sumergidas. Las que emergen están adaptadas a vivir en terrenos inundados e incluso fuera del agua, siempre que dispongan de elevada humedad. Es el caso del arroz y de sus malas hierbas más importantes (Tabla 6.4). Entre las flotantes destacan varias especies de lentejas de agua (*Lemna sp.*), que nadan libres en la superficie aunque no compiten significativamente con el arroz. Tampoco las malas hierbas completamente

sumergidas suelen perjudicar seriamente el desarrollo del cultivo, perteneciendo las más destacables (aunque poco frecuentes) al género *Zannichellia*, las cuales se fijan al suelo del arrozal.

En los almorriones vegetan numerosas especies de malas hierbas. Aprovechando la humedad cercana pueden proliferar algunas especies emergentes como *Echinochloa crusgalli*, *Leptochloa fascicularis*, *Typha angustifolia* y *Paspalum distichum*, que suelen penetrar en los márgenes del arrozal e incluso invadirlo. Malas hierbas propias del interior de la tabla (más exigentes en humedad) como *Scirpus maritimus* o *Cyperus difformis*, también vegetan en las orillas de la tabla. En los almorriones (separadas del agua, ya que no resisten la inmersión) conviven multitud de otras especies, propias de secanos frescos, de los géneros *Polypogon*, *Setaria*, *Chenopodium*, *Sorghum*, *Bromus*, *Cynodon*, *Malva*, *Polygonum*, etc.

En los canales de riego y de desagüe, así como en los cursos de agua circundantes, abundan las especies arvenses, destacando los carri-

Tabla 6.4.- Principales malas hierbas del arroz en las Marismas del Guadalquivir

Orden	Familia	Especie	Nombre común
Monocotiledóneas	Gramíneas	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Cola
		<i>Echinochloa hispidula</i>	
		<i>Echinochloa oryzicola</i>	
		<i>Echinochloa oryzoides</i>	
		<i>Paspalum distichum</i> *	Gramma gruesa o de agua
		<i>Oryza sativa</i> (formas arvenses)	Arroz rojo o bastardeado
	Ciperáceas	<i>Cyperus difformis</i>	Junquillo
		<i>Scirpus maritimus</i> *	Castañuela
	Alismatáceas	<i>Alisma plantago-aquatica</i> *	Coleta
	Tifáceas	<i>Typha angustifolia</i> *	Anea o enea
Dicotiledóneas	Litráceas	<i>Ammania coccinea</i>	Arbolito
		<i>Ammania robusta</i>	
	Elatináceas	<i>Bergia capensis</i>	Arbolito (alfabegüeta)

* Perennes o vivaces

zos (*Phragmites communis*), enneas, castañuela, junquillo, colas y cañas (*Arundo donax*), distribuidas según su cercanía al agua.

A efectos prácticos, para la aplicación de tratamientos herbicida, se suelen dividir las principales malas hierbas en tres grandes grupos.

El primero está básicamente integrado por las diversas especies de *Echinochloa*, principales malas hierbas del arrozal. El arroz rojo, muy peligroso pero afortunadamente poco extendido, y la muy poco frecuente *Leptochloa fascicularis* (llamada vulgarmente cola americana) tienen un control químico diferente al de las "colas".

El segundo grupo integrado por otras dos importantes especies: *Scirpus maritimus* y *Cyperus difformis*, ambas de la familia de las ciperáceas.

El último grupo reúne a las diversas malas hierbas denominadas habitualmente de hoja ancha, destacando entre ellas *Ammannia coccinea*, *Ammannia robusta*, *Bergia capensis*, *Typha angustifolia* (que paradójicamente es una gramínea) y *Alisma plantago-acuática*.

Normalmente, como analizaremos más adelante, se suele realizar un tratamiento contra *Echinochloa* y un segundo conjuntamente contra ciperáceas y malas hierbas de hoja ancha. Si la parcela está limpia de *Echinochloa* (lo que ocurre con baja frecuencia) podemos ahorrarnos el tratamiento contra "colas"; en cambio, otras veces son necesarias dos aplicaciones. El tratamiento contra ciperáceas y hoja ancha es obligado darlo prácticamente siempre. En determinadas condiciones puede aplicarse un tratamiento conjunto contra *Echinochloa* y contra ciperáceas y hoja ancha.

Las malas hierbas de los almorrónes y de los canales y cursos de agua deben ser también controladas ya que son importantes focos de infección del arrozal, tanto de propágulos de malas hierbas (semillas, estolones, rizomas y bulbos) como de numerosas plagas e incluso, aunque en menor cuantía, de algunas enfermedades.

3.- Identificación y seguimiento

Es indispensable saber distinguir las distintas especies de malas hierbas existentes en cada parcela y su nivel de infectación. Con este fin es recomendable inspeccionarla en tres ocasiones a lo largo de la campaña: poco después de la emergencia del arroz, a mitad de cultivo y antes de la cosecha. Es conveniente realizar anotaciones, incluso delimitando las áreas donde se observen mayores infectaciones de especies anuales y/o de perennes (vivaces). El nivel de infectación de cada especie puede estimarse mediante una escala del 1 al 5, en la que el 5 correspondería a grave infectación y el 1 a escasa presencia.

También es esencial conocer el estado fenológico en que se encuentran la mala hierba y la propia planta de arroz, ya que cada herbicida tiene un período determinado de aplicación durante el cual es eficaz contra la mala hierba y no causa serios problemas de fitotoxicidad al cultivo. En el caso de *Echinochloa* este tipo de seguimiento debe empezar pronto, a los 5 ó 6 días después de la siembra, y con una periodicidad de 3 ó 4 días, especialmente durante las 3 primeras semanas o hasta poco después de efectuado el tratamiento de "colas". Después de la aplicación herbicida es también conveniente evaluar su eficacia. El seguimiento del estado fenológico de las ciperáceas y malas hierbas de hoja ancha puede iniciarse algo más tarde, siendo suficiente efectuarlo una vez por semana, terminándose unos 40-45 días después de la siembra o tras su tratamiento herbicida.

Lógicamente estas inspecciones o visitas se combinan y aprovechan para observar y anotar otras informaciones relativas a plagas, enfermedades, abonado, riego, etc.

A continuación se describen las características botánicas más destacadas de las principales malas hierbas del arrozal andaluz.

3.1.- *Echinochloa*. ("colas", *equinocloa*)

Las colas constituyen el grupo de malas hierbas más importante del arroz. En las Marismas del Guadalquivir, dentro del género *Echinochloa*, vegetan cuatro especies: *E. crus-galli*, *E. hispidula*, *E. oryzicola* y *E. oryzoides*, siendo las dos primeras las más abundantes. En otras regiones españolas es posible observar, aunque raramente, una quinta especie, denominada *E. colonum*,

localizada preferentemente en los márgenes del arrozal.

Son gramíneas anuales que se reproducen exclusivamente por semilla, pudiendo llegar a producir cada planta hasta varios miles de ellas, lo que evidencia su enorme capacidad de propagación. Su germinación es escalonada, apareciendo progresivamente diferentes generaciones o levas de plántulas. Las semillas de una planta de cola pueden conservar su capacidad germinativa a lo largo de un período de hasta 7-11 años, aunque la mayoría de ellas germinarán en los primeros tres o cuatro. De las colas que germinan cada año, alrededor del 80-90% lo harán tras la inundación inicial. Al principio la cola tiene una velocidad de crecimiento similar a la del arroz, al que rápidamente adelanta a principios de ahijamiento. Con temperaturas bajas las colas crecen, desde su inicio, más rápidamente que el arroz (el cual se queda "parado"). En la "tabla" de arroz es habitual poder observar alguna cola incluso hasta el final del ciclo del cultivo.

La mejor manera botánica de distinguir las colas del arroz, y de otras gramíneas, es tirar de la

hoja hacia atrás y observar la zona del collar, ya que las colas carecen de lígula. Esta característica es útil para identificar las plántulas de *Echinochloa*. También carecen de aurículas, estando la zona ligular (situada en el collar) sustituida por una marca blancuzca y brillante. En los primeros estados de desarrollo, cuando todavía no es posible apreciar si las hojas son o no liguladas, es posible identificar las colas arrancándolas y observando su semilla, claramente diferente de la del arroz.

Conforme avanza su desarrollo, y con mucha práctica, las plántulas de cola pueden distinguirse visualmente de las del cultivo, ya que sus hojas son de color verde más claro (alimonado) así como más delgadas, brillantes, translúcidas y largas. La cola "brilla", el arroz no. A partir de su estado fenológico de tres hojas se puede apreciar que sus hojas son más péndulas que las del arroz. Suelen carecer de pelos (glabras), aunque a veces aparecen algunos en la zona de inserción del limbo y la vaina (collar). En estados más avanzados las colas adquieren una coloración más clara que la del cultivo. Además su raíz es más blanca y gruesa.



Fig. 6.5.- Germinación de arroz y cola



Fig. 6.6.- Plántulas de cola



Fig. 6.7.- *Echinochloa*. Ahijamiento

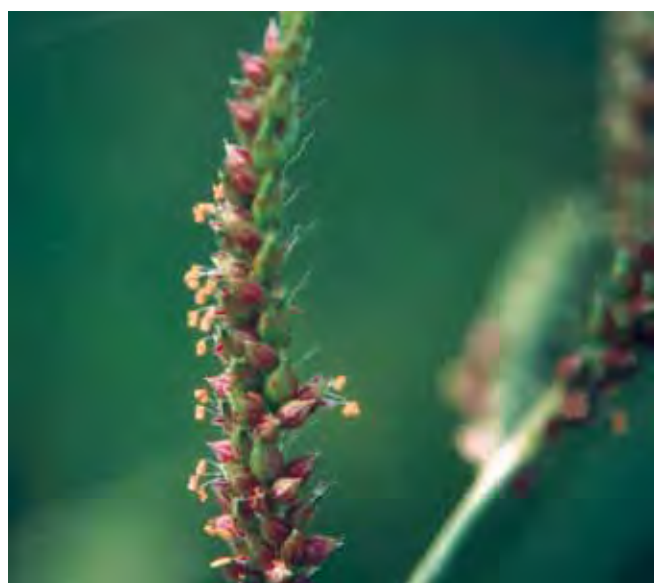


Fig. 6.9.- Floración

Por el contrario, en estado de plántula (que es cuando hay que tratarla) es prácticamente imposible encontrar diferencias (distinguir) entre las cuatro especies de *Echinochloa*. Sólo cabría la posibilidad, no operativa, de extraer la semilla (suponiendo que se conservara en buen estado) y analizar algunos de sus parámetros, aunque aún así no tendríamos plenas garantías de identificar la especie de cola.

Las colas tienen una gran capacidad de ahijamiento y pueden alcanzar hasta 1,75 m de altura. Después del ahijado (mejor tras el espigado) es posible identificarlas, pero con dificultad, basándonos en algunas características diferenciales. Dicha dificultad reside en que dentro de cada especie aparecen formas diferentes con relación a caracteres botánicos como la disposición y coloración de las panículas, la pilosidad de las vainas o incluso la existencia de aristas en las espiguillas,



Fig. 6.8.- Grave infección por *Echinochloa oryzoides* (arriba) y *Echinochloa oryzicola*. Cortesía de Bayer C.S.

estando además dichos caracteres influenciados por las condiciones del medio. Pero dado que las diversas especies de *Echinochloa* pueden tener distinto grado de sensibilidad a los diferentes herbicidas, es necesario tratar de identificar las existentes en nuestra parcela.

3.1.1.- *Echinochloa crus-galli*

Cuando mejor se distingue de las restantes especies de cola es durante su fase de ahijamiento, ya que su macolla es más abierta, presentando los hijos extendidos a ras del suelo, y con tonalidades violáceas o rojizas en su base. Posee una gran capacidad de ahijamiento, emitiendo tallos vigorosos, rectos o acodados. Está poco adaptada a niveles altos de agua, vegetando mejor en aguas someras, siendo frecuente encontrarla en los almorriones. A diferencia de las otras tres especies, que sólo pueden vegetar en condiciones ambientales semejantes a las del arroz, podemos encontrarla en otros cultivos estivales de riego intermitente, como el maíz o el algodón. Es, pues, la menos “acuática” de las cuatro.

Tabla 6.10.- Clasificación de las especies de Echinochloa (extracto de la clave propuesta por J. L. Carretero, 1981)

Tipos morfológicos	Rasgos morfológicos	Clasificación	Notas
1	Espiguillas grandes (al menos 3,6 mm de longitud). Lema 1/2 - 3/5 de la longitud de la espiguilla. Glumas estériles (lemas estériles) con 4 ó 5 nervios; zona central entre nervios glabra.	<i>Echinochloa oryzicola</i>	Si no se dan estos caracteres simultáneamente, consultar el tipo nº 2
2	La mayoría de las espiguillas tienen menos de 3,4 mm de longitud y espínulas abundantes y largas. Hojas frecuentemente curvadas.	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Si muchas de las espiguillas tienen al menos 3,4 mm de longitud, y las hojas son generalmente rectas, consultar el tipo nº 3
3	Espiguillas que superan fácilmente los 3,6 mm de longitud. Inflorescencia generalmente nutante y aristada. Vainas y pulvínulos glabros. Estigmas generalmente rojizos	<i>Echinochloa oryzoides</i>	
	Espiguillas de 3,2 - 3,6 - (3,8) mm. Inflorescencia desde erecta a nutante, aristada o mocha. Vainas y pulvínulos glabros o peludos. Estigmas blancos o rojizos	<i>Echinochloa hispidula</i>	

Además sus hojas son de un color verde-oliva más oscuro, más anchas (hasta 2 cm) y con los limbos curvados hacia abajo. Las panículas no suelen sobrepasar los 25 cm de longitud, con semillas relativamente más pequeñas y livianas, por lo que la inflorescencia generalmente es erecta o algo inclinada, en vez de péndula. La vaina foliar es lampiña, con sólo algunos pelos en los márgenes. Los limbos son glabros (sin pelos).

Es bastante variable en apariencia, existiendo dentro de la especie tipos con espiguillas desde aristadas (hasta 6 cm) hasta míticas (mochas o sin aristas). Los estigmas son rojizos. La panícula suele ser estrecha y piramidal, presentando frecuentemente coloraciones rojizas o purpúreas. En general su floración es temprana, bastante adelantada a la del arroz.

3.1.2.- *Echinochloa hispidula*

Aunque es una especie próxima a *E. crus-galli*, presenta importantes características distintivas. Sus hojas son de color verde claro, más erectas y con el limbo ligeramente plegado en sentido longitudinal. La macolla es más cerrada (hijos menos rastros) y con muy poca o nula coloración rojiza o violácea en su base. Es también muy vigorosa y con gran capacidad de ahijamiento. Las espiguillas son ligeramente mayores. Sus estigmas, normalmente blancos, son un claro carácter diferenciador de las restantes especies de colas. Durante el espigado puede observarse un característico anillo rojizo alrededor de los nudos. Los ramos se disponen en la panícula de forma verticilada o alterna.

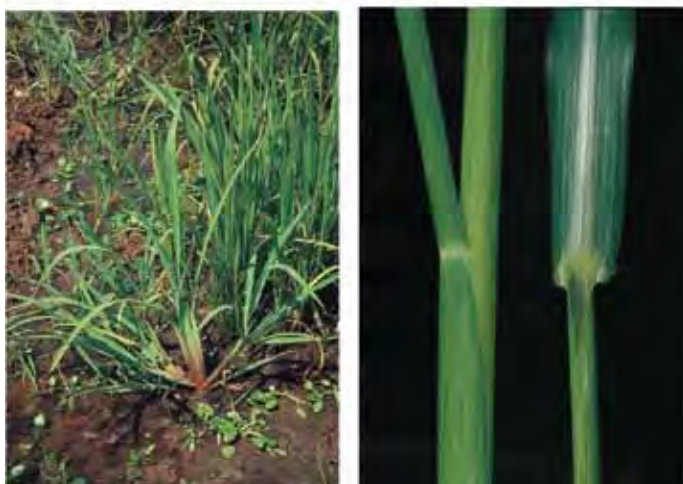


Fig. 6.11.- *E. crus-galli*: desarrollo vegetativo (Bayer C.S.)



Fig. 6.12.- *E. crus-galli* tiene un porte más rastrero

Es la especie más polimorfa, siendo difícil establecer su prototipo. La inflorescencia (panícula) es frecuentemente péndula, aunque también existen formas más o menos erectas. La panícula es preferentemente verdosa, aunque a veces es rojiza. Normalmente las espiguillas presentan largas aristas pero también existen formas mochas. Las vainas foliares pueden ser glabras o peludas. Al igual que *E. crus-galli* y *E. oryzoides*, espiga precozmente. Como *E. oryzicola* y *E. oryzoides*, sólo vegeta en el interior del arrozal.

3.1.3.-*Echinochloa oryzicola*

Aunque las diversas especies de *Echinochloa* germinan o aparecen casi simultáneamente, *E. oryzicola* suele espigar más tarde que las restantes, generalmente poco antes que el arroz.

Es la menos vigorosa de las 4 especies. Su macolla es cerrada, con hijuelos erectos. Sus hojas son de color verde oscuro con tonalidades rojizas características. Las vainas foliares pueden ser peludas o sin pelos. En la zona ligular suelen aparecer manchas violáceas o rojizas que desaparecen poco antes del espigado, durante el cual puede apreciarse una banda oscura alrededor de los nudos.

La disposición de la panícula es normalmente erecta o ligeramente inclinada, raramente péndula, y con una coloración que varía del rojo al verde. Los estigmas son rojizos. Las espiguillas de *E. oryzicola* y *E. oryzoides* son las más largas de las 4 especies y suelen ser poco aristadas (menos de 2 cm) o sin aristas.



Fig. 6.13.- Panículas de *E. crus-galli* (Bayer C.S.)

Fotografías cedidas por cortesía de Bayer C. S.



Fig. 6.14.- Semillas de *E. crus-galli*



Fig. 6.17.- Semillas *E. hispidula*



Fig. 6.15.- *E. hispidula*: desarrollo vegetativo. Porte erecto



Fig. 6.16.- Panículas *E. hispidula*



Fig. 6.18.- *E. oryzicola*: desarrollo vegetativo. Velloosidades

Fotografías cedidas por cortesía de Bayer C. S.



Fig. 6.19.- Panículas de *E. oryzicola*



Fig. 6.20.- Semillas de *E. oryzicola*

Fig. 6.21.- *E. oryzoides*: desarrollo vegetativo

Fig. 6.23.- Semillas de *E. oryzoides*



Fig. 6.22.- Panículas de *E. oryzoides*

3.1.4.- *Echinochloa oryzoides*

A pesar de tener germinación escalonada, la mayoría de las generaciones florecen mucho antes que el arroz. Las panículas son muy características, péndulas y con los ramos adosados al raquis principal. Sus espiguillas poseen largas aristas, que pueden superar los 3 cm de longitud. Los estigmas son rojizos.

Las hojas son de color verde claro, parecido al de *E. hispidula*. La vaina foliar carece de pelos, que sólo aparecen esporádicamente en los márgenes de la base del limbo. La macolla es muy cerrada, presentando sus hijuelos agrupados y erectos. Posee una gran capacidad de ahijamiento, aunque es menos vigorosa que *E. hispidula* y *E. crus-galli*. Durante el espigado aparecen unas bandas verdosas, tenues, alrededor de los nudos. Está perfectamente adaptada a los niveles altos de agua del arrozal, no invadiendo otros cultivos.

3.2.- *Leptochloa fascicularis* (“cola fina o americana”)

Esta gramínea anual, también denominada *Diplachne fascicularis*, no representa un problema destacable en las Marismas del Guadalquivir, aunque se conoce su existencia en algunas parcelas de arroz. Su presencia fue detectada en nuestros arrozales a mediados de los noventa (algo antes que en los de Extremadura y Valencia, de los que es posible que provenga). Al igual que *E. crus-galli*, prefiere vegetar en aguas someras, pudiendo infectar también otros cultivos de riego intermitente. Más de 10 cm de agua limitan su infectación, no sobreviviendo sus plántulas a una submersión prolongada. Su color es verde, más claro que el del cultivo. Sale (germina y emerge) algo más tarde que las colas, las cuales la superan en vigor y velocidad de crecimiento.

En estado de plántula las hojas tienen generalmente el nervio central blanquecino. Las hojas adultas son largas, finas y algo ásperas. Las vainas inferiores pueden presentar tonalidades amarillentas o rojizas. La lígula es delgada, membranosa, de hasta 6 cm de longitud y fácil de arrancar, lo cual la diferencia de otras gramíneas que invaden el arrozal. En sus primeros estados fenológicos (de desarrollo) es difícil distinguirla del arroz. Tienen una buena capacidad de ahijamiento,



Fig. 6.24.- *Leptochloa*: hoja con nervio central blanquecino, e inflorescencia

pudiendo superar el metro de altura. Los tallos son erectos, tipo caña. En comparación con el arroz es de porte más débil y de hoja más péndula.

La inflorescencia tiene forma de panícula larga (entre 15 y 40 cm de longitud), erecta y ramificada. Cada rama tiene de 2 a 15 cm de largo, portando varias espiguillas (ligeramente aristas), cada una conteniendo alrededor de 9 flores. La longitud de las espiguillas oscila entre 0,5 y 1 cm. Las panículas cambian del verde oscuro hasta el amarillento conforme avanza la maduración. El ciclo a espigado suele ser corto y, por tanto, temprana la dehiscencia de sus semillas.

Prolifera mejor en rodales con baja densidad de plantas de arroz. Actualmente existen herbicidas que la controlan bien.

3.3.- *Oryza sativa* var. (“arroz rojo”)

El arroz rojo pertenece a la misma especie que el arroz cultivado. Se trata de una degeneración de este último que ha recuperado parte de los caracteres salvajes de sus parentales ancestrales. En Andalucía, el uso de semilla certificada (que garantiza un alto porcentaje de pureza varietal y la casi ausencia de semillas de arroz rojo) junto con las sistemáticas escardas manuales, han evitado que esta hierba se convierta en un grave problema (muy raramente se aplican tratamientos químicos) como ocurre en otras regiones productoras españolas. Así, en las Marismas sevillanas es escasa la incidencia de arroz rojo; sin embargo, en las últimas campañas, se ha detectado un cierto porcentaje de tablas (3-5%) infectadas en la zona arrocería gaditana. Las antiguas y abandonadas labores de fanguero (previo a la plantación) y de

trasplante, junto con las tradicionales y repetidas escardas, limitaban su propagación.

Esta hierba anual se reproduce únicamente por semillas, las cuales germinan escalonadamente, pudiendo conservar su capacidad germinativa durante varios años, de forma que existe una cierta proporción de semillas con latencia (también llamada dormición) prolongada. Su aspecto es bastante parecido al de las variedades cultivadas, aunque con algunas características morfológicas y fisiológicas diferenciales, propias de las malas hierbas. Hasta después del ahijado es muy difícil distinguirlo del arroz cultivado. La hibridación entre las variedades comerciales y los arroces rojos, aunque con baja frecuencia, acaba potenciando la adaptabilidad de los últimos al medio ambiente. Dichos híbridos, que inicialmente pueden pasar inadvertidos (dada su similitud con el arroz comercial) son fuente de reinfestaciones de mayor envergadura, además de disminuir (en los campos de multiplicación) la calidad de la semilla certificada

El poder germinativo del arroz rojo es superior al de los cultivados. Normalmente son plantas más altas, robustas y de mayor capacidad de ahijamiento, aunque ya existen formas con altura similar a la del arroz comercial, lo que dificulta su escarda. Crecen y se desarrollan más rápidamente, soliendo espigar y madurar con antelación al cultivo. Sus hojas son más anchas y de color verde amarillento, parecido al de *Echinochloa*. Su panícula suele ser más larga y generalmente aristada, aunque también se encuentran formas mochas (sin aristas), variando su color del blanco al rojo o morado. El pericarpio suele ser de color rojo, lo

que da nombre a esta mala hierba, aunque existen formas o biotipos con el pericarpio blanco-cremoso propio de las variedades comerciales. Una característica distintiva del arroz rojo es su facilidad de desgrane, lo que incrementa su capacidad de supervivencia y de competitividad.

De sus tres características principales (fácil desgrane, pericarpio rojo y granos aristados) sólo la primera se da siempre (por este motivo los italianos lo denominan "riso crodo"). Su variabilidad conlleva la existencia de diferentes biotipos de arroz rojo, distinguibles entre sí, que agrupan formas cercanas de esta mala hierba. Los atributos que mejor identifican a dichos biotipos son el color de sus glumillas (la lema y la pálea van del pajizo al negro) y la ausencia o presencia de arista.

La infestación de arroz rojo aumenta el encamado del cultivo y disminuye su rendimiento y calidad de grano. La presencia de granos rojos, detectada tras su descascarillado (arroz cargo), deprecia el valor del arroz comercial. Los granos rojos deben ser eliminados o sufrir un blanqueo adicional (más enérgico o apurado) dado que en el mercado la tolerancia a este tipo de granos está muy restringida.

La dificultad de encontrar eficaces herbicidas selectivos y una escarda manual menos intensa ha incrementado la presencia de esta mala hierba en otras regiones arroceras españolas. En zonas de mayor infestación, como el Delta del Ebro, se combate con medios mecánicos (falsa siembra) y mediante la aplicación de algún herbicida. El método mecánico consiste en inundar superficialmente la parcela para provocar la nascen-



Fig. 6.25.- Plantas de arroz rojo.



Fig. 6.26.- Arroz rojo: espiguillas aristadas

cia del arroz rojo (arrós salvatge), esperar dos o tres semanas a que la mayoría se encuentre en el estado de 2-3 hojas, y eliminarlo mediante un par de labores de fanguero. Una vez reposada el agua (para evitar el enterramiento del grano de arroz), se procede a la siembra. Mediante tratamientos químicos, también en presiembra del cultivo y postemergencia de la mala hierba, han dado buenos resultados algunos herbicidas como Focus Ultra (cicloxydim). El procedimiento se resume en inundar someramente la parcela para provocar la nascencia del arroz rojo, a las 2-3 semanas desaguar para realizar el tratamiento y tras 24 horas reinundar, lo más rápidamente posible, hasta una altura de 13-15 cm. El agua debe permanecer estancada otras 24 horas antes de proceder al vaciado, para finalmente llevar a cabo la inundación necesaria para la siembra del cultivo.

Investigadores americanos y asiáticos están trabajando en la obtención de variedades de arroz resistentes a ciertos herbicidas de contacto (entre ellos el imazamox) que controlan al arroz rojo.

3.4.- *Paspalum distichum* (“grama de agua, grama gruesa”)

Es una planta perenne que se encuentra a menudo vegetando en los almorriones, desde donde inicia su penetración “arrastrándose” hacia el interior de la parcela, aunque no suele causar problemas más allá de los bordes del arrozal. También suele encontrarse en los canales de riego, interfiriendo el flujo del agua. La penetración se lleva a cabo mediante largos tallos rastreros superficiales (estolones) que cada pocos centímetros presen-



Fig. 6.28.- Grave infección

tan nudos abultados que emiten raíces así como abundantes tallos florales ascendentes, bien erectos (derechos) o ligeramente acodados. La planta emite otros tallos invasores que se extienden bajo la superficie del suelo (rizomas). La fragmentación de estos rizomas asegura la multiplicación de la planta. Los estolones y los rizomas pueden alcanzar varios metros de longitud.

El limbo es plano y carente de pelos, mientras que la vaina es pilosa. La lígula es corta, membranosa y dentada, aunque a veces está sustituida por un grupo de pelos. En el extremo de cada tallo se encuentra la inflorescencia, muy característica, ya que está formada por dos espigas o ramos en forma de V. Las espiguillas, carentes de aristas, están dispuestas en dos filas sobre un lado de cada rama floral. Raramente una tercera rama crece debajo de las dos descritas. Las semillas son prácticamente inviables. Esta mala hierba



Fig. 6.29.- *Paspalum distichum*



Fig. 6.27.- Estolones de propagación y enraizamiento

debe ser controlada antes de su penetración en la tabla de arroz, tratando los almorrzones con un herbicida total, normalmente glifosato + MCPA.

3.5.- *Scirpus maritimus* (“castañuela, juncia”)

Esta ciperácea, al igual que el junquillo, está muy extendida en los arrozales andaluces. Se trata de una planta perenne de multiplicación vegetativa, aunque, en menor grado, también puede reproducirse por semillas (aunque no tienen elevada viabilidad). Las plantas perennes son en general más difíciles de controlar que las anuales, siendo la castañuela (seguida de la enea) la mala hierba más difícil de combatir en el arrozal.

Posee tallos subterráneos (rizomas) que se propagan formando tubérculos (denominados chufas o castañuelas, como bolitas de color castaño-oscuro, de poco más de 1 cm de diámetro). A partir de los tubérculos y también de fragmentos de los rizomas se desarrollan nuevas plantas, más robustas que las del arroz o incluso que las del junquillo. Los tubérculos tienen una gran dureza, especialmente durante su letargo invernal, siendo difíciles de cortar, incluso con una navaja. Comienzan a brotar justo tras la inundación de la tabla, de forma anticipada y ventajosa respecto a las plántulas de arroz. Esta facilidad de propagación les confiere una gran competitividad. Suele aparecer muy pronto (antes que el “junquillo”), frecuentemente por rodales (grupos “familiares” que evidencian su posibilidad de propagación “subterránea”), lo que la distingue de *Cyperus difformis*.

La planta adulta posee hojas estrechas, largas y afiladas, que alternan sobre el tallo y son



Fig. 6.30.- Semillas de castañuela y arroz

más brillantes (de apariencia “plastificada”) que las del arroz, aunque de un verde algo más oscuro.

El tallo floral es erecto y de sección triangular (característico de las ciperáceas), prolongándose en 3 ó 4 brácteas (hojas secundarias), una de las cuales sigue la misma dirección que el tallo. En la parte terminal del tallo se encuentran varios grupos de flores insertos en las axilas de las brácteas mediante un corto pedúnculo. Dichos grupos tienen forma ovalada, apuntando hacia arriba. Las espiguillas maduras adquieren una coloración marrón, conteniendo pequeñas semillas brillantes de color castaño oscuro. La altura de la planta oscila entre 30 cm y poco más de 1 m.

Si el arrozal está poco denso el crecimiento y propagación de la castañuela será muy rápido y considerable (exponencial). Si hubo castañuela en años anteriores la habrá en las próximas campañas, si no se combate adecuadamente. En suelos salinos así como en las tablas donde recientemente se introdujo el cultivo de arroz suele haber más castañuela que junquillo.

En nuestros arrozales es raro encontrar la especie *Scirpus mucronatus*, cuya inflorescencia tiene la forma de glomérulo no pedunculado con las espiguillas agrupadas en forma de estrella. Como carácter distintivo porta una única bráctea, que al principio está erecta y luego se inclina hacia abajo en ángulo recto con el tallo. Se reproduce fundamentalmente por semillas y su tallo es de sección triangular. Otra ciperácea, *Scirpus supinus*, es aun menos frecuente.



Fig. 6.31.- Floración de castañuela



Fig. 6.32.- Inflorescencia. Espiguillas y semillas



Fig. 6.34.- Plántulas de junquillo

3.6.- *Cyperus difformis* ("junquillo")

Es una planta anual que produce miles de pequeñísimas semillas (0.6 x 0.3 mm), trígonoas (con tres ángulos), amarillentas y fácilmente diseminables por el agua y el viento. No se multiplica vegetativamente. Su sistema radicular es fasciculado.

Las hojas son cortas, lineales y con menos de medio centímetro de anchura. El junquillo es más propio de terrenos fértiles; en cambio, la castañuela suele predominar en suelos salinos. En estado de plántula las hojas crecen en tres direcciones, formando ángulos de 120° entre ellas. Comparado con el arroz, el junquillo muestra un color verde más vivo y claro.

Posee una gran capacidad de ahijamiento (incluso hasta 40-50 hijos por planta), alcanzando una altura de 70-100 cm. Sus tallos son rectos, triangulares y con las caras acanaladas, apareciendo las inflorescencias al final de los mismos. La inflorescencia está formada por racimos globosos que contienen numerosas espiguillas. Las

flores son verdosas, con una mancha pardusca a cada lado, volviéndose de color marrón amarillento tras la maduración de las semillas. Poseen dos o tres hojas secundarias (brácteas), de las que una alcanza incluso mayor longitud que la inflorescencia, bajo la cual tienen su origen. Es frecuente observar junquillos que completan tarde su desarrollo (ciclo), a veces después de la cosecha.



Fig. 6.35.- Inflorescencia de junquillo



Fig. 6.33.- Plántulas de *Cyperus difformis* y de *Ammannia* sp

En estado de plántula el junquillo es relativamente fácil de controlar mediante herbicidas, dificultad que se acrecienta durante el ahijamiento y especialmente tras su espigado. El junquillo viene algo después de la castañuela, pero su invasión puede llegar a ser masiva, especialmente en los claros (áreas o rodales con poca densidad de plantas de arroz).



Fig. 6.36.- Invasión de junquillos

3.7.- *Alisma plantago-acuatica* (“coleta, alisma”)

Aunque principalmente se reproduce mediante sus numerosas semillas, comportándose por tanto como planta anual, también puede rebrotar de su base bulbosa dando lugar a las llamadas coletas de segundo año, que emergen poco después de la inundación (dos o tres semanas antes que las procedentes de semilla), por lo que es fácil ver plantas adultas de esta mala hierba destacando sobre las plántulas del cultivo. Las coletas de semilla son más fáciles de controlar que las de segundo año. Las áreas poco densas de arroz (baja competencia) y las bajas temperaturas, del aire o del agua de riego (que ralentizan el crecimiento del cultivo), favorecen la infección de coletas. En cualquier caso, es una mala hierba fácil de controlar; mucho más, por ejemplo, que la enea.

La coleta es poco abundante en nuestros arrozales (menos que en Valencia o en el Delta del Ebro), aunque en la última década ha incrementado su presencia.

Las primeras hojitas de alisma son lineales y sin pecíolo (pasando a veces desapercibidas bajo el agua) pero pronto aparecen sus típicas hojas ovaladas y largamente pecioladas flotando sobre la superficie.

Las hojas adultas, que adquieren un tamaño considerable (10-30 cm), tienen un pecíolo carnoso y un limbo surcado por nervios paralelos que acaban confluyendo en la punta de la hoja. Su forma recuerda a la de la col (de ahí su nombre). Están agrupadas en forma de roseta, de la que sale un tallo floral, carente de hojas, que alcanza hasta un metro de altura. Dicho tallo porta una inflorescencia terminal en forma de panícula piramidal y



Fig. 6.37.- Plántula de coleta



Fig. 6.38.- Planta adulta. Hojas agrupadas en roseta basal



Fig. 6.39.- Inflorescencia de *Alisma plantago-aquatica*

verticilada. Las flores tienen tres pétalos, blancos o rosados, raramente violetas. Es foco frecuente observar sus inflorescencias dado que se tratan antes de su aparición.

Una especie cercana, aunque mucho menos frecuente, es *A. lanceolatum*, que se distingue fácilmente de la anterior ya que sus hojas adultas son más alargadas (de aspecto lanceolado). Además, sus flores se abren por la mañana mientras que las de *A. plantago-acuática* sólo lo hacen por la tarde.

3.8.- *Ammannia* ("arbolito")

En los arrozales andaluces se encuentran dos especies de *ammannia*. La más abundante se denomina *A. coccinea*, siendo también frecuente *A. robusta*. Aunque presentan algunas pequeñas diferencias morfológicas, tienen la misma sensibilidad a los herbicidas, siendo fáciles de controlar por este medio.

Se trata de plantas acuáticas anuales que se reproducen únicamente por semillas y cuya altura oscila entre 50 cm y 1 m, siendo el porte ligeramente mayor (tallo más robusto) en el caso de *A. robusta*.

Son malas hierbas dicotiledóneas, de hoja ancha. Los cotiledones son triangulares, de coloración verdosa, más clara en el caso de *A. robusta*. El primer par de hojas verdaderas son opuestas, uninervias y de forma ovalada-triangular.

Los tallos son erectos y verdosos. Su parte basal es cilíndrica, con tonalidades rojo violáceas, mientras que la superior es tetragonal. Presentan varias ramificaciones, que nacen principalmente de su parte inferior (*A. coccinea* se ramifica algo más que *A. robusta*).



Fig. 6.40.- Plántulas de *Ammannia* sp. entre *Zannichellia palustris*



Fig. 6.41.- Especies de *ammannia*: *A. coccinea* (flores purpúreas) y *A. robusta* (flores rosáceas)

Las hojas, con aspecto lineal-lanceolado, abrazan el tallo en pares opuestos. Los siguientes pares tienen una disposición cruzada con el inmediatamente anterior.

Las flores son muy pequeñas y constan de 4 ó 5 pétalos (visibles y de corta duración), rojo púrpura en el caso de *A. coccinea* y rosa pálido en *A. robusta*. El color de los pétalos es el carácter más distintivo de las dos especies. Las flores forman grupos de 3 ó 4, insertos en la axila de las hojas. El fruto es una pequeña cápsula (de tamaño inferior a 0.5 cm), conteniendo varias decenas de miles de semillas de color marrón (en *A. robusta* puede ser varios cientos de miles). Conforme las plantas maduran se tornan algo rojizas.



Fig. 6.42.- *Ammannia coccinea*

Vegetan mejor con temperaturas cálidas y, sobre todo, en áreas o rodales con baja densidad de plantas de arroz. Los “arbolitos” que hayan germinado tardíamente pueden llegar a completar su ciclo incluso después de la recolección.

3.9.- *Bergia capensis* (“arbolito, alfabegueta”)

Su aspecto es parecido al de *ammannia* aunque de porte más reducido (menos de 50 cm), hojas más pequeñas así como menos frecuente y competitiva. Se trata de una dicotiledónea anual que se reproduce únicamente por semillas. Es muy sensible a los herbicidas y, por tanto, fácil de controlar.

Sus cotiledones son ovales y de pequeño tamaño. Las plántulas ya presentan el típico tallo de color verdoso blanquecino (con ligeras tonalidades rojizas en su base) además de cilíndrico, grueso, hueco, carnoso y fácil de romper. Los nudos de su parte inferior suelen emitir numerosas raíces adventicias. Las hojas son ovalado-lanceoladas, ligeramente aserradas, opuestas y cruzadas, destacando la brillantez de sus limbos. Sus tallos no se ramifican. Estas características distinguen a *bergia* de *ammannia*. Con la madurez, la planta enrojece y las hojas pierden su brillo característico.



Fig. 6.43.- Plántula de *Bergia capensis*

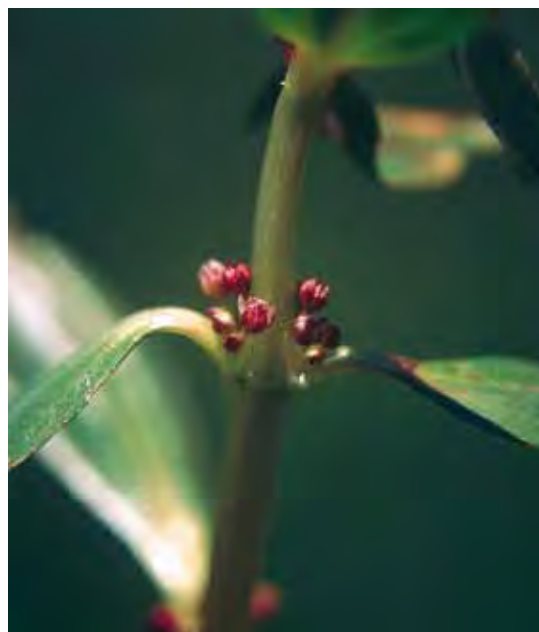


Fig. 6.44.- Inflorescencia de *bergia*

Las flores forman grupos compactos en las axilas de las hojas. Son de pequeño tamaño, de forma que sus pétalos, de color blanco-violáceos, son difíciles de observar a simple vista. El fruto es una minúscula cápsula globosa y rojiza que contiene más de 100.000 semillas negruzcas.

En la zona arrocería levantina la denominan “alfabegueta”.

3.10.- *Typha angustifolia* (“anea, enea”)

De las malas hierbas denominadas de hoja ancha la más importante (y difícil de controlar) es la enea seguida de *Ammannia robusta*.

Las aneas son plantas perennes que se reproducen por semillas o por rizomas. Infectan fácilmente los cursos de agua, canales de riego y los terrenos encharcados, desde donde sus rizomas pueden invadir el interior del arrozal. Su forma de propagación subterránea da lugar a rodales (colonias) difíciles de erradicar. La maquinaria agrícola puede transportar los trozos de rizoma (los cuales quedan adheridos a ella durante las labores) propagando la infección. La muerte de los rizomas por desecación exige una larga exposición al sol.

Sus semillas germinan fácilmente en barro e incluso bajo aguas someras y claras. La plántula tiene hojas lineales, gruesas, aplanadas, de color verde claro, carentes de pelos y dispuestas en un solo plano.

La planta adulta puede fácilmente sobrepasar los 2 m. Los tallos son robustos y portan hojas estrechas (alrededor de 4-7 mm.), muy largas (sobrepasan al tallo) y con tendencia a retorcerse en espiral. El tallo termina en una inflorescencia característica en forma de espiga cilíndrica, densa y alargada. En la parte inferior de la inflorescencia se encuentran situadas las flores femeninas y en la superior las flores masculinas, existiendo un claro espacio desnudo de separación (de unos 3 ó 4 cm) entre ambas.

La enea es una planta competitiva, que exige un buen control, con herbicidas específicos. Dicho control debe realizarse antes de que supere en más de 5 cm la altura del cultivo (si el porte de la enea es superior al del arroz deben elevarse las dosis de herbicida). Los tratamientos muy tardíos parecen controlarla, pero muchas eneas logran



Fig. 6.45.- Invasión de eneas



Fig. 6.46.- Plántulas de enea

recuperarse. Otro inconveniente es que eleva la humedad del grano de arroz cosechado (“da humedad”).

En nuestros arrozales es rara la presencia de otra especie de enea, denominada *T. latifolia*, que se caracteriza por tener hojas más anchas (8-20 mm), tallo más robusto y no poder apreciarse la separación entre la parte masculina y femenina de su inflorescencia.



Fig. 6.47.- *Typha angustifolia*. Se aprecian las inflorescencias

3.11.- Lemna (“lenteja del agua”)

Son plantas acuáticas anuales de pequeño tamaño que flotan libremente en el arrozal y forman colonias en áreas con poca corriente, preferentemente en los remansos y en las proximidades de los almorrones.

Es muy sencilla, estando compuesta por hojas modificadas (llamadas frondes) con apariencia de lenteja, de las que pende una raíz. Cada planta está constituida por 1-4 frondes de 2-6 mm de diámetro, careciendo de tallo. Aunque produce algunas semillas, éstas son prácticamente inviables. Se multiplican vegetativamente, por gemación de los frondes, de los que se separan trozos (hijos) que darán lugar a nuevas plantas. De esta forma llegan a constituir extensas capas o colonias en la superficie del agua.

La especie más frecuente es *L. gibba*, llamada así por el notable abultamiento o convexi-



Fig. 6.48.- Lentejas de agua en canal



Fig. 6.49.- Lemna en arrozal



Fig. 6.50.- Lemna gibba

dad que presenta la cara sumergida de sus frondes, siendo, en cambio, plana su cara superior. Es de color verde grisáceo, a veces con tonalidades rojizas. Otra especie, *L. minor*, ligeramente más pequeña que la anterior, se distingue por tener planas ambas caras, más forma de lenteja y un color verde más claro.

Las especies de lemna no compiten significativamente con el arroz ni causan problemas apreciables al agricultor (no se tratan). No le agradan las aguas con alto contenido salino, siendo más abundante en los años con buena calidad de agua. Aparece mucho después de la emergencia de las plántulas de arroz.

3.12.- *Phragmites australis* ("carrizo")

Es una gramínea de gran porte (puede superar los 2 m de altura), con tallos cilíndricos y no muy leñosos.

Sus hojas son grandes, verde azuladas y provistas de una larga arista. Además carecen de aurículas, quedando la lígula reducida a un mechón de pelos blancos y sedosos. La inflorescencia, que culmina el tallo, es una panícula de unos 25 cm de longitud, amarillenta o violácea, que porta numerosas semillas (cariópsides) viables. También puede multiplicarse mediante rizomas, que sobreviven largo tiempo bajo tierra, los cuales se extienden y dan lugar a densos rodales de esta mala hierba. Suele vegetar en las orillas de los cursos de agua siendo muy raro encontrar manchas de carrizo en el interior del arrozal, en cuyo caso compiten ventajosamente con el cultivo, por lo que conviene estar atentos y escardarlos manualmente lo antes posible. También se controlan aplicando herbicidas totales en los márgenes de la tabla (no dentro), siendo el mejor momento durante la floración (septiembre) de esta mala hierba.



Fig. 6.51.- Carrizo. Rizoma de propagación al descubierto



Fig. 6.52.- *Phragmites australis*

3.13.- Malas hierbas secundarias

En nuestros arrozales existen otras muchas especies de malas hierbas, de menor importancia que las anteriores, debido a su escasa presencia. Algunas de ellas, procedentes principalmente de Italia, se han introducido recientemente en algunas zonas arroceras españolas, siendo conveniente evitar su proliferación y extensión a las restantes. La semilla de siembra procedente del extranjero es la principal vía de introducción de estas nuevas especies arvenses, que pueden acabar colonizando nuestro cultivo.

3.13.1.- *Zannichellia palustris*

Vive sumergida en el agua del arrozal. Sus tallos finos y alargados (filiformes), de unos 20-25 cm de longitud, se arraigan en el suelo. Sus hojas son también filiformes, con la vaina dividida en dos estípulas. Las flores se insertan en las axilas de las hojas, produciendo semillas viables.



Fig. 6.53.- *Zannichellia palustris*



Fig. 6.53 bis.- *Zannichellia palustris*

Debido a su aspecto, esta planta suele ser confundida con las algas del género chara (vulgarmente denominadas “asprella”).

Vegeta mejor en áreas con buena circulación de agua, cerca de las “pigueras”. No causa daños de consideración, aunque compite por los nutrientes. En casos graves de infectación puede llegar a reducir el ahijamiento del arroz.

3.13.2.- *Sagittaria* sp. (“sagitaria”)

Pertenece a la familia de las alismatáceas, como la coleta. Varias especies de sagitaria son frecuentes en California e Italia, reproduciéndose unas sólo por semilla (especies anuales) mientras otras (especies perennes), además de por semilla, se multiplican vegetativamente (mediante rizomas, estolones y tubérculos).



Fig. 6.54.- Plántula de *Sagittaria*

Desde hace una década hemos constatado la presencia de *S. montevidensis* en algunas tablas de arroz. Se trata de una especie anual y emergente, aunque sus plántulas crecen sumergidas en el agua. Prolifera y causa problemas cerca de los márgenes o en rodales escasos de plantas de arroz. Las jóvenes plántulas tienen hojas de color verde claro, carnosas, estrechas y paralelinervias (parecidas a las de una coleta adulta), con distintivas marcas rectangulares. A partir de la tercera o la cuarta, las hojas adoptan la forma característica en saeta o punta de flecha, lo que da nombre al género. Cada hoja posee un largo pecíolo inserto en la base de la planta, de la que surgen también tallos florales carentes de hojas. Las flores, que forman pequeños grupos, poseen tres pétalos vistosos de color blanquecino. El fruto, de forma globular y superficie granulosa, contiene numerosas semillas.



Fig. 6.55.- *Sagittaria montevidensis*



Fig. 6.56.- *Sagittaria longiloba* posee lóbulos más alargados

Otras especies más agresivas, como *S. sagittifolia* y *S. longiloba*, que también pueden multiplicarse vegetativamente, todavía no han sido observadas en las Marismas del Guadalquivir.

3.13.3.- *Heteranthera* sp. ("heterantera, ensalada de pato")

El género heteranthera, incluido en la familia de las Pontederidáceas, contiene varias especies que causan graves problemas en otras zonas arroceras europeas. En Italia, tras una rápida difusión y colonización a lo largo de la última década, infectan la mayoría de sus arrozales. Su capacidad de propagación (numerosas semillas, germinación escalonada, etc.) y la dificultad de su control químico potencian la competitividad de estas malas hierbas, especialmente de *H. reniformis* y *H. rotundifolia*, mientras que *H. limosa* tiene un comportamiento algo menos agresivo, ya que sus semillas pierden rápida y progresivamente su viabilidad a partir del primer año. Son especies monocotiledóneas, anuales, emergentes, cuyas semillas sólo germinan en suelos saturados de agua. Su competencia es aún más problemática en las primeras etapas del cultivo. En España ya se ha detectado su presencia en algunos arrozales de Aragón, Delta del Ebro y Extremadura.

En Andalucía sólo hemos detectado, por ahora, algunos ejemplares de *H. limosa*. Sus hojas son oval-lanceoladas y de color verde ceroso. Algunas hojas permanecen sumergidas mientras otras sobresalen (flotan) de la superficie del agua. Sus flores son vistosas y provistas de seis pétalos generalmente blancos, estrechos, alargados y dispuestos en forma radial o de estrella. Cada flor posee su propio tallo floral. El fruto es una cápsula, de poco más de 1 cm, llena de numerosísimas semillas.

H. reniformis se distingue por la forma arriñonada de sus hojas, las cuales brotan de cada uno de los nudos del tallo principal, que emiten además numerosas raíces. Posee una gran capacidad de propagación, ya que sus semillas mantienen durante largo tiempo una apreciable capacidad germinativa.

H. rotundifolia, que es la menos frecuente en Europa de las tres especies, tiene flores azules o violáceas, con la particularidad de que sus péta-

los aparecen dispuestos en forma de cruz, debido a que tres de los seis con que cuenta aparecen juntos. Del grupo de tres, el central presenta en su base dos características manchas amarillas.



Fig. 6.57.- *Heteranthera limosa*

Contra *H. limosa*, si el tratamiento se hace en sus primeros estados, parece eficaz la mezcla de propanil y bentazona + MCPA.

3.13.4.- *Leersia oryzoides* ("leersia")

Esta mala hierba también es frecuente en Italia. Desde hace varias décadas se conoce su presencia en los arrozales de Pals (Gerona). Es una gramínea que se propaga por semillas o por rizomas. Su aspecto, al principio, tiene cierto parecido a *Echinochloa*. Sus hojas son largas, estrechas, puntiagudas y de borde rugoso. Muestra un porte abierto y tiene una gran capacidad de ahijamiento. Sus nudos están recubiertos de pelos. Los nudos basales emiten raíces, lo que aumenta la resistencia de la planta al arranque y su capacidad de rebrote y propagación. La inflorescencia es una panícula piramidal, poco densa, con espiguillas pilosas e insertas en raquis alabeados. Sus semillas son alargadas, conservando la capacidad germinativa por un período de 3-4 años. No tenemos constancia de su presencia en Andalucía.

Otras malas hierbas, como *Lindernia dubia* y *Potamogeton nodosus*, son raras de encontrar en el arrozal andaluz, careciendo de importancia económica para el agricultor. La primera es una dicotiledónea escrofulariácea, con cierto parecido a nuestras ammanias y bergia, aunque de menor talla y competitividad; la segunda, *Potamogeton nodosus* (lengua de oca) es una hierba vivaz y flotante, presente en los arrozales levantinos y catalanes.



Fig. 6.58.- *Leersia* en floración. Cortesía de J. Vilá



Fig. 6.59.- *Leersia oryzoides*. Cortesía de J. Vilá



Fig. 6.60.- El rabo de gato (*Polygonon monspeliensis*) infecta cada vez con más frecuencia los almorrones y las aguas más someras. No resiste la inmersión



Fig. 6.61.- Las cañas (*Arundo donax*) proliferan cerca de los cursos de agua

En ciertos lugares de Extremadura, desde hace poco más de una década, plantea problemas *Glyceria fluitans*, una gramínea rastrera que emite tallos florales erectos (50-70 cm de altura) terminados en panículas estrechas y unilaterales de unos 15-20 cm de longitud. Esta especie, que puede multiplicarse por semilla o mediante trozos de tallo, tampoco parece estar presente en Andalucía.

4.- Control

Un control eficaz de malas hierbas debe combinar métodos preventivos, culturales y químicos. En un programa de manejo integrado de malas hierbas no debe omitirse ninguno de estos componentes, ya que de forma aislada no se alcanzarían resultados satisfactorios.

4.1.- Métodos preventivos

Su objetivo es impedir o minimizar la introducción de semillas o propágulos de malas hierbas en la parcela de arroz.

El grano de siembra debe estar libre de semillas de malas hierbas, siendo aconsejable el uso de semilla certificada de arroz. De especial importancia es la ausencia de granos de arroz rojo ya que esta planta, que es una forma salvaje o degenerada del arroz cultivado, es difícil de eliminar en campo y provoca graves perjuicios en el rendimiento y aún más en la calidad de la cosecha. También es conveniente que el porcentaje de semillas de *Echinochloa* y de otras malas hierbas dañinas sea prácticamente despreciable.

La maquinaria agrícola transporta semillas y propágulos (trozos de estolones, rizomas o tubérculos) de malas hierbas de una parcela a otra. Esta diseminación puede reducirse mediante su limpieza así como eliminando las malezas cercanas a sus lugares de aparcamiento o almacenaje.

Muchas malas hierbas, por ejemplo *Echinochloa sp.* y *Ammannia sp.*, son fácilmente diseminadas por el agua de los canales, alcanzando las parcelas de cultivo. Las personas, los pájaros, el ganado y el estiércol también son medios de transporte e infectación. *Echinochloa sp.*, *Paspalum distichum* y *Polypogon sp.*, entre otras, pueden ser diseminadas por esta vía.

Los canales de riego y de desagüe, así como las lindes, carriles, cercanías y, especialmente, los almorrones, son focos de infectación, por lo que deben mantenerse tan libres de malezas como sea posible. Las malas hierbas, por otro lado, disminuyen el flujo de agua de los canales y dificultan el paso de personas y maquinaria. Además de emplear medios mecánicos para limpiar los cursos de agua y nivelar los carriles, se suelen aplicar (donde no existan restricciones legales) tratamientos con herbicidas totales (glifosato, pa-

raquat, etc.), frecuentemente con mochila. Estos herbicidas actúan por contacto, absorbiéndolos la planta por vía foliar y radicular, debiéndose lógicamente evitar que alcancen al cultivo. La grama (*Paspalum distichum*) de los almorriones suele ser un objetivo preferente, a fin de evitar su propagación hacia el interior del arrozal.



Fig. 6.62.- Tratamiento de canal de riego en primavera

Existen líneas de investigación tendientes a la obtención de variedades de arroz cuyas raíces exuden sustancias tóxicas que perturben el desarrollo de las malas hierbas de su entorno. Este fenómeno, que recibe el nombre de alelopatía, sería un método genético preventivo de control de malezas.

4.2.- Métodos culturales

Cualquier práctica de cultivo afecta de alguna manera a la competitividad entre el arroz y sus malas hierbas. La fertilidad del suelo, las labores preparatorias, la nivelación del terreno, el abonado, la elección de la variedad, la fecha y dosis de siembra, el manejo del agua del riego, la escarda manual, la rotación de cultivos (infrecuente en nuestras condiciones) y la severidad de los ataques de las plagas y enfermedades influyen, sin duda, en el vigor, nivel de infestación y clase de especies de malas hierbas que atacan al cultivo. Una planta de arroz, por ejemplo, debilitada por el ataque de una plaga compite en desventaja con las malas hierbas.

Pequeñas modificaciones de las prácticas de cultivo pueden provocar diferencias significativas en el grado de infestación de las diferentes

especies arvenses. Estas buenas prácticas culturales, combinadas con un correcto control químico (herbicidas), son básicas en un programa de manejo integrado de malas hierbas.

4.2.1.- Labores preparatorias

El enterrado temprano de los restos del rastrojo acelera su descomposición, disminuyéndose la incidencia de infestaciones de algas en la próxima campaña.

Las labores preparatorias del lecho de siembra airean y elevan la temperatura de la superficie del suelo, favoreciendo la nascencia y posterior destrucción mecánica de las plántulas de malas hierbas. Si, tras la labor, el terreno permanece seco pueden controlarse parcialmente las estructuras subterráneas de propagación de las plantas vivaces (rizomas, tubérculos, bulbos), que quedarían expuestas a la acción desecante del sol. En cambio, labores inadecuadas pueden traer a la superficie semillas aletargadas en capas profundas del suelo.

El tamaño de los terrones también influye en la competencia de las malas hierbas. Con un diámetro cercano a los 5-6 cm protegen a la semilla de arroz del viento y del oleaje, favoreciendo su germinación y anclaje, y facilitando una adecuada densidad de plantas. Si los terrones tienen un tamaño excesivo, en la parte que sobresalga del agua podrán desarrollarse con ventaja determinadas especies arvenses. Un lecho de siembra pulverulento (con elevado desarraigo y deriva de plántulas de arroz) así como un nivel de agua demasiado somero, inducido por la aparición de las variedades tipo índica (que exigen poca altura de la lámina de agua en sus primeras etapas de crecimiento) favorecen el desarrollo de la mayoría de las malas hierbas.

La nivelación del terreno, que elimina las áreas altas y bajas de la tabla, es una práctica fundamental en el control de malezas. Ha facilitado además la creación de tablas de mayor extensión, reduciéndose el número y la superficie relativa ocupada por los almorriones, los cuales albergan numerosas especies de malas hierbas.

4.2.2.- Abonado y siembra

La incorporación del abonado nitrogenado y fosfórico reduce la disponibilidad de ambos nutrientes para las plántulas que germinan cerca de la superficie del suelo y para las algas.

La existencia de un terreno húmedo antes de la inundación inicial de la tabla o el excesivo desfase entre inundación y siembra da ventajas de desarrollo a las malas hierbas, perjudicando al cultivo. Una adecuada dosis de siembra, que traiga consigo una densidad conveniente de plantas, evitará la proliferación de malezas, frecuentes en los rodales malos de arroz. Las siembras con temperaturas bajas ralentizan el desarrollo de la plántula de arroz, favoreciendo la infestación de malas hierbas y algas.

4.2.3.- Manejo del agua de riego

El adecuado manejo del agua de riego es fundamental en el control de las malas hierbas del arrozal. Una profundidad de agua uniforme disminuye la proliferación y mejora la eficacia de los herbicidas, lo que justifica la conveniencia de una precisa nivelación del terreno. La germinación y el establecimiento de las variedades tipo índica debe llevarse a cabo con bajos niveles de agua (aunque a veces son más someros de lo necesario), lo que favorece el desarrollo de colas, junquillos y numerosas malezas. Mantener un nivel de inundación de entre 15 y 20 cm antes de su ahijado reduce la proliferación de *Echinochloa crus-galli* y de muchas otras malas hierbas (al reducirse su respiración y fotosíntesis y agotarse las reservas nutritivas de la semilla), pero puede alargar la plántula de arroz y debilitarla, especialmente en suelos salinos. Después de su ahijado la elevación del nivel de agua de la tabla suele tener escasa eficacia en el control de colas. Los niveles elevados reducen, además, la disponibilidad de oxígeno durante la germinación y crecimiento de la plántula. Los cortes de agua de riego (impuestos, accidentales o por conveniencia) condicionan la aplicación de los tratamientos herbicidas.

Algunas plántulas de malas hierbas, por ejemplo de *Ammannia sp.*, podrían ser combatidas eficazmente drenando la tabla, pero el arroz también sufrirá daños si se mantiene el suelo seco

durante un período prolongado, de forma que eliminar ciertas malas hierbas acuáticas sin dañar el cultivo tiene un estrecho margen de selectividad y maniobra. Por otro lado, drenar la parcela más de 3-4 días proporciona las condiciones ideales para la germinación de la mayoría de las especies arvenses (especialmente las menos adaptadas a la inundación). Si se llevan a cabo varias secas se corre el riesgo de propiciar la aparición y acelerar el crecimiento de diversas generaciones de malas hierbas, incrementándose su dificultad de control mediante herbicidas (sobre todo de las hierbas con mayor desarrollo).

4.2.4.- Escarda manual

Sabemos que las “colas” (así como otras malas hierbas de arroz) tienen una germinación escalonada, lo que imposibilita su completo control con un solo tratamiento herbicida (escarda química). Para ayudar a combatir las diversas especies de equinocloa se realizan escardas manuales (de paso, la cuadrilla se puede llevar algunas plantas de arroz rojo o bastardeado y de castañuela). En estados fenológicos avanzados es prácticamente la mejor forma, por no decir la única, de extirpar dichas especies. Esta operación se suele llevar a cabo entre los meses de junio y septiembre, antes del desgrane de las diferentes generaciones de dichas malas hierbas. Casi siempre se da al menos un pase de escarda, aunque lo más frecuente es dar dos (con colas chicas, y el segundo en agosto-septiembre) y a veces hasta tres. En los pases tardíos, en vez de arrancar las plantas a mano, es necesario utilizar la hoz para cortarlas por su base. El número de jornales por



Fig. 6.62 bis.- Escarda manual

hectárea depende del nivel de infestación, siendo frecuente el empleo de uno o dos jornales, básicamente para escardar colas. Lógicamente, cuanto más pequeña esté la cola más cundirá la escarda. En una parcela limpia basta con 0,25-0,5 peonadas por hectárea (incluyendo todos los “pases”); en cambio en una hectárea “sucia” se necesitarían 5-8 peonadas (por encima de las 2 peonadas puede ser conveniente dar un tratamiento herbicida). El número de escardadores puede variar entre 1 y 20, con una separación entre ellos de unos 8-10 metros. Se necesita cierta experiencia para distinguir el arroz de las colas pequeñas, siendo más fácil hacerlo a contraluz. Las malas hierbas se sacan de la parcela en haces que se depositan en los almorrones y caminos colindantes a fin de asegurar su secado y eliminación (los haces con semilla se deben quemar). La escarda manual, incluso con bajos niveles de infestación, es muy conveniente a fin de disminuir las poblaciones de colas contribuyendo, además, junto con la utilización de semilla certificada, a mantener bajo mínimos la presencia de arroz rojo en las Marismas.

4.3.- Métodos químicos

Los herbicidas son una parte fundamental en la lucha integrada contra las malas hierbas del arrozal, aunque estos métodos químicos deben ser combinados o complementados con los métodos no químicos (preventivos y culturales) si queremos obtener un control eficaz de dichas malezas.

Antes de describir los diversos tratamientos químicos más frecuentemente aplicados a los arrozales andaluces, nos detendremos a exponer algunos conceptos generales sobre el comportamiento de los herbicidas.

4.3.1.- Forma de acción

Los herbicidas ejercen un efecto tóxico sobre las plantas, ya sea por contacto o mediante su absorción foliar y/o radicular, provocado básicamente por su materia activa, también llamada principio activo. Los herbicidas de contacto suelen ser de efecto rápido, causando daños alrededor de la superficie afectada. Los absorbidos a través de las raíces y hojas alcanzan las distintas partes de la planta a través de su sistema conductor de savia bruta y elaborada (xilema y floema, respecti-

vamente) por lo que se denominan también herbicidas de translocación o sistémicos. Un formulado comercial, además de un determinado porcentaje de materia activa, o conjunto de materias activas, contiene coadyuvantes, los cuales pueden ser simples excipientes inertes o, más frecuentemente, complementar la acción tóxica de la materia activa. Dentro de los coadyuvantes se incluyen los mojantes, adherentes, diluyentes, dispersantes, emulgentes, etc., muchos de ellos fitotóxicos por sí mismos.

Las formulaciones comerciales para tratamientos en seco suelen presentarse en forma granulada, empleándose frecuentemente la arcilla como soporte inerte. Las formulaciones para tratamientos líquidos pueden aplicarse disueltas en agua (polvos solubles), en suspensión (polvos mojables) o en forma de emulsión (concentrados emulsionables). Cada materia activa es efectiva sobre un determinado espectro o conjunto de especies de malas hierbas.

Los herbicidas mantienen su nivel de toxicidad en el suelo por un período más o menos largo. Algunos son bastante persistentes, otros, en cambio, son fácilmente alterados de diferentes formas (degradados o inactivados por los microorganismos del suelo, adsorbidos por las partículas de suelo, descompuestos por la luz, perdiéndose por volatilización o percolación, etc.). La persistencia de un determinado herbicida puede quedar afectada por numerosos factores como la textura y materia orgánica del suelo, la temperatura, la lluvia, las prácticas de cultivo, etc.

Existe una legislación española sobre el nivel máximo de residuos fitosanitarios (LMR, en inglés) en el grano cosechado, debiéndose resaltar que cada vez es más frecuente y elevada la exigencia de los consumidores y operadores comerciales en este aspecto. El Reglamento Específico de Producción Integrada de Arroz en Andalucía, además de permitir solamente el uso de las materias activas incluidas en su Estrategia de Control Integrado, obliga a la toma de muestras durante el período de recolección y/o de elaboración del grano a fin de garantizar lo establecido con relación a las tolerancias de residuos permitidos.

4.3.2.- Selectividad y fitotoxicidad

Existen herbicidas totales que eliminan la práctica totalidad de las especies vegetales, incluido el arroz, y herbicidas selectivos que sólo tienen efecto sobre un determinado espectro o conjunto de ellas. Lógicamente, en las aplicaciones en el interior de la parcela es indispensable que los herbicidas sean selectivos para el arroz.

La selectividad de los herbicidas de contacto se basa frecuentemente en la forma y disposición de las hojas. Las especies con hojas erectas y de poca superficie foliar retendrán y absorberán menos materia tóxica y serán por tanto menos afectadas. La selectividad de los herbicidas sistémicos se fundamenta en diversos mecanismos. En caso de absorción foliar el producto tóxico puede penetrar directamente por los estomas o, más frecuentemente, tiene que atravesar la cutícula (capa externa de la hoja). Existen diferencias de grosor y de constitución de dicha capa entre las diferentes especies, lo que las hace más o menos vulnerables a la penetración del herbicida. El arroz se encuentra entre las de cutícula más gruesa.

Las plántulas tienen una actividad metabólica más intensa que la planta adulta por lo que la translocación de las sustancias tóxicas en su interior, y por tanto su susceptibilidad a los herbicidas, están más acentuadas.

Muchas materias activas basan su toxicidad en la alteración de algún proceso fisiológico fundamental (como la fotosíntesis o la respiración) bien sea inhibiéndolo (deteniéndolo) o acelerándolo excesivamente, provocando en cualquier caso la muerte de la planta. La selectividad de determinadas especies vegetales se fundamenta en su capacidad bioquímica para evitar dichas alteraciones.

La mayoría de los herbicidas pueden llegar a ser tóxicos para el arroz (fitotóxicos) si se aplican en dosis excesivas, en formulaciones inadecuadas, mezclados con materias activas incompatibles, en determinados estados fenológicos o también bajo ciertas condiciones ambientales. Incluso dosis excesivas de coadyuvantes pueden llegar a dañar al arroz.

Las condiciones ambientales tienen una gran influencia sobre la eficacia del herbicida. La mayoría de ellos reducen su eficacia si se aplican



Fig. 6.63.- En la parcela de la izquierda se observan daños (fitotoxicidad) de propanil provocados por altas temperaturas y vientos secos

con temperaturas bajas. Las altas temperaturas aumentan la solubilidad del herbicida en el agua, reducen el contenido de oxígeno de la solución e incrementan su alcalinidad, incrementándose los riesgos de fitotoxicidad. Los síntomas son diferentes según la clase de herbicida. Las aplicaciones de molinato, propanil o MCPA, por ejemplo, pueden dañar al arroz en caso de temperaturas elevadas. Dado que algunas formulaciones herbicidas son modificadas cada cierto tiempo, es posible que causen fitotoxicidad sólo en determinadas campañas. Los vientos cálidos y desecantes también acentúan los riesgos de fitotoxicidad.

Como con cualquier otro pesticida (insecticida, fungicida, alguicida, rodenticida, etc.) el riesgo de aparición de biotipos resistentes (en este caso, de malas hierbas) es mayor cuando se utiliza repetidamente (durante varios años seguidos) el mismo herbicida. Alternar o cambiar con cierta frecuencia de herbicida (si se disponen de diversas materias activas eficaces y convenientes) reduce dicho riesgo. Se debe procurar controlar los biotipos que han adquirido resistencia (que han escapado del tratamiento) para evitar su diseminación y que lleguen a ser dominantes.

Es necesario seguir las instrucciones, advertencias y precauciones que aparecen en las etiquetas de los productos fitosanitarios, así como seguir las recomendaciones de los Servicios Técnicos de las Casas Comerciales.

4.3.3.- Aplicación

La elección del herbicida debe basarse en la experiencia de años anteriores, las especies de malas hierbas existentes, su nivel de infectación y

el precio del producto, teniendo en cuenta por supuesto los estados fenológicos del arroz y de la mala hierba, así como las condiciones ambientales.

Como norma general, cuanto más baja sea la temperatura tanto mayor debe ser la dosis aplicada, sin sobrepasar el límite máximo recomendado. Dentro del intervalo de dosis recomendadas, se debe aplicar la menor en caso de altas temperaturas. En suelos ligeros y de bajo contenido en materia orgánica existen mayores pérdidas (por su mayor permeabilidad y menor poder de retención) por lo que, en tratamientos con herbicidas de absorción radicular, las dosis más bajas suelen aplicarse en los más arcillosos.

Hay que evitar la aplicación combinada de pesticidas incompatibles así como la realización de tratamientos secuenciales no recomendados (respetando su período o intervalo de seguridad) a fin de no causar daños a la planta de arroz.

En todo tratamiento herbicida el factor más importante es su momento de aplicación. Deben ser efectuados durante un intervalo o período determinado del desarrollo, tanto del arroz como de la mala hierba. De lo contrario, se corre el riesgo de causar daños al cultivo o no lograr un control efectivo de las malezas. Algunos años (por razones climáticas o de alteración de la fecha de siembra) no son simultáneos los estados fenológicos o intervalos de desarrollo recomendados (convenientes) tanto para la mala hierba como para el cultivo, lo que suele acarrear un control menos eficaz. Algunos herbicidas tienen un período muy limitado de aplicación, tanto en relación con el arroz como con las malas hierbas que controla, lo que dificulta su aplicación en el momento adecuado.

Los herbicidas de contacto exigen que buena parte de la hoja quede expuesta a su acción, es decir, se encuentre por encima de la superficie del agua. Existen herbicidas de contacto con cierto poder sistémico, como el MCPA, en cuyo caso al menos la mitad de la superficie foliar debe quedar expuesta a la pulverización. Los sistémicos, en cambio, tienen menores exigencias en este sentido.

El herbicida, para ser efectivo, debe alcanzar todos los puntos de crecimiento. Las malas hierbas adultas son más difíciles de controlar que las plántulas, ya que poseen mayor número de

puntos de crecimiento, son más vigorosas y suelen metabolizar las sustancias tóxicas con mayor facilidad.

Controlar la profundidad y el movimiento del agua en el arrozal es fundamental en cualquier tratamiento herbicida. En algunos productos, como veremos más adelante, es necesario elevar el nivel del agua y luego mantenerla estática a fin de evitar las pérdidas por volatilización del herbicida y permitir su adsorción por las partículas del suelo. Con los herbicidas de contacto es conveniente bajar el nivel para exponer la superficie de las malas hierbas a su acción, elevándolo posteriormente para ayudar al herbicida a controlar ciertas gramíneas o impedir su germinación tras un período de seca. Hay que extremar las precauciones cuando se pretenden llevar a cabo tratamientos tardíos. A partir de la iniciación de la panícula aumenta significativamente la susceptibilidad del arroz a la mayoría de los herbicidas, de forma que a principios de encañado suele ser ya demasiado tarde para el control de colas. En este estado fenológico los tratamientos hormonales, por ejemplo con MCPA, contra ciperáceas y hoja ancha, pueden causar daños al arroz.



Fig. 6.64.- Transporte de un pulverizador con ruedas italianas

Otro factor fundamental es la correcta utilización de los equipos de tratamiento, especialmente de pulverización. Una deficiente aplicación suele acarrear una pérdida de eficacia o incluso fitotoxicidad. Conceptos como volumen de caldo, calibrado de la máquina, velocidad de aplicación, presión de trabajo, caudal de las boquillas, distribución uniforme, fitotoxicidad, residuos, volatilidad y deriva, posibles mezclas de pesticidas, almacenaje y manipulación, limpieza de equipos, etc. son de gran importancia.

Los herbicidas hormonales son difíciles de eliminar de los equipos de pulverización. Pequeños residuos de estos productos químicos pueden dañar el algodón y otras especies sensibles colindantes con el arrozal. Otros herbicidas, como el propanil, son más fáciles de eliminar mediante el lavado del equipo (depósito, filtros y conducciones), que podría utilizarse para llevar a cabo tratamientos a plantas muy sensibles a esta materia activa como el algodón.

4.3.4.- Deriva

Se sabe que algunos cultivos cercanos (algodón, numerosas especies de frutales, leguminosas y hortalizas) pueden sufrir daños a causa de la deriva de las pulverizaciones de ciertos herbicidas aplicados al arrozal (propanil y MCPA pueden dañar el algodón, dependiendo de su estado fenológico, condiciones ambientales y dosis aplicada).

Actualmente, en las Marismas del Guadalquivir el 50-55% de los tratamientos herbicidas son realizados por avión, y el resto por medios terrestres (tractor con barra pulverizadora). La casi totalidad de los tratamientos insecticidas es efectuada por medios aéreos.

En los tratamientos aéreos la deriva es debida básicamente a tres grupos de factores: los meteorológicos (velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa del aire, inversión térmica); los dependientes del producto (presión de trabajo, tamaño de la gota, formulación, peso específico, volatilidad); y los dependientes de su forma de aplicación (altura y velocidad de vuelo, tipo y orientación de las boquillas, vórtices en los extremos del ala, etc.). Es primordial que el producto se distribuya uniformemente dentro de la parcela, siendo importante la labor de los señaleros que sirviéndose de cañas facilitan la labor del piloto. Algunos aviones disponen de equipos GPS (sistema de orientación geográfica), que evitan la necesidad de señaleros, aunque, de momento, se utilizan poco en operaciones tan "delicadas" como la siembra y los tratamientos herbicidas (en cambio se usan en algunos tratamientos insecticidas).

No deben realizarse tratamientos con tiempo ventoso, altas temperaturas, baja humedad

relativa ni con amenazas de lluvia, que lavaría el producto. La inversión térmica suele darse en días estables, de poco viento, caracterizándose por la anormal existencia de una capa de aire frío en contacto con el suelo y otra también fría por encima de la capa de aire templado. Esta capa templada contiene al producto pulverizado (atrapado entre las dos capas frías) que no cae sobre el cultivo que se quiere tratar. En esta situación el producto puede derivar lentamente fuera de la parcela.

El fenómeno de deriva depende principalmente de la velocidad del viento y, después, de la presión de pulverización. Una elevada presión disminuye el tamaño de la gota y hace más fácil su transporte por el viento, llegando incluso a evaporarse. Por el contrario un tamaño excesivamente grande no daría la cobertura y control deseado de la mala hierba. Cada producto y cada tratamiento tienen su tamaño adecuado de gota. En general las boquillas de cono favorecen la deriva, siendo más aconsejables las de abanico, orientadas adecuadamente. El tipo de formulación también afecta al tamaño de la gota, que aumenta si se añaden agentes espesantes. Los formulados a base de sales de sodio y potasio son poco volátiles, algo más lo son las sales amónicas y sobre todo los ésteres. Aunque no se puede generalizar, la altura conveniente de las pulverizaciones aéreas suele estar alrededor de los tres metros (en cambio, para la siembra los aviones suelen alcanzar los 14 m). Es conveniente distinguir entre un desplazamiento del producto de apenas unos pocos metros, que no es problemático, y una deriva significativa del mismo.

En las aplicaciones terrestres las boquillas de la barra pulverizadora suelen situarse unos 50 cm por encima de las malas hierbas. Es conveniente mantener constante la velocidad del tractor y la presión de trabajo (1,5-3 atmósferas). Una distribución uniforme evitará "solapes" y "cuchillos" indeseables y perjudiciales. El cambio de las boquillas defectuosas y la instalación de dispositivos antigoteo mejoran dicha uniformidad.

Existe una Reglamentación Autonómica que delimita las áreas donde se prohíbe o restringe la aplicación de determinados herbicidas y formulaciones, regulando los procedimientos

de aplicación, distancias mínimas a cultivos sensibles, etc. El Departamento de Sanidad Vegetal de la Delegación Provincial de la Consejería de Agricultura y Pesca, dada la influencia que las condiciones meteorológicas pueden ejercer sobre los resultados de tratamientos herbicidas del arrozal, ha fijado una serie de Medidas Complementarias. Estas medidas incluyen limitaciones horarias para los tratamientos terrestres (en general hasta las 14.00 horas, salvo en zonas colindantes con cultivos sensibles que se limita hasta las 10.00) y para los tratamientos aéreos (hasta las 11.00), así como no tratar con vientos superiores a 1,5 m/s., ni contra hoja ancha los domingos (para disminuir la concentración de herbicidas en la atmósfera). Limita, además, las presiones máximas de boquilla en pulverizaciones con MCPA, aconseja no realizar aplicaciones aéreas en días de niebla (para evitar derivas), etc.

4.3.5.- Manejo y almacenamiento

A pesar de que la mayoría de los herbicidas empleados en el arrozal tienen una baja toxicidad oral y dérmica para personas y animales, es conveniente evitar su contacto y manejarlos con cuidado. Pueden provocar irritaciones en los ojos y la piel, siendo aconsejable en dicha situación el lavado de la zona afectada con abundante agua limpia. La ingestión de pequeñas cantidades puede provocar daños irreparables. Las personas frecuentemente expuestas deben protegerse con mascarillas, guantes, botas y ropas adecuadas. Residuos de herbicidas procedentes, por ejemplo, de la limpieza del equipo de tratamiento no deben ser vertidos en canales o cursos de agua ya que pueden afectar a la fauna acuícola. Los gases emanados de algunos herbicidas de alta volatilidad pueden provocar la pérdida de poder germinativo (incluso la viabilidad) de la semilla de arroz almacenada en su proximidad. Un adecuado almacenamiento es esencial para prevenir el deterioro de los herbicidas. La elevada humedad y temperatura pueden acabar deteriorando los envases y alterar las formulaciones tanto sólidas como líquidas (endurecer, cristalizar, precipitar, etc.), disminuyendo su acción herbicida. La última normativa comunitaria deja en manos de los Países Miembros la autorización y regulación de los tratamientos aéreos

en los diferentes cultivos. Antes de utilizar un producto es conveniente leer atentamente la etiqueta y seguir las instrucciones de aplicación y los consejos de prudencia referentes al manejo y destrucción de los envases vacíos.

5.- Tratamientos herbicidas

El arrozal recibe normalmente dos tratamientos herbicidas. El primero es contra equinocloa y se aplica en preemergencia o, mucho más frecuentemente, en postemergencia temprana del arroz (en tablas con baja infestación de colas, que no es frecuente, puede bastar con la escarda manual, ahorrándonos su control químico). El segundo, realizado en postemergencia, va dirigido contra malas hierbas ciperáceas y de hoja ancha. Este segundo tratamiento se realiza prácticamente siempre y, además, cada vez más temprano. Algunos agricultores optan por agrupar ambos tratamientos en una sola aplicación en postemergencia, mediante mezclas de herbicidas (lo deseable sería poder disponer de alguna materia activa que controlara eficazmente todas las malas hierbas, en un único tratamiento). El arroz no debe tratarse después de su estado fenológico de iniciación de la panícula, con el fin de evitar daños por fitotoxicidad. La mayoría de los herbicidas se aplican en junio. Mención aparte merece el tratamiento de los canales de riego, mediante algún herbicida total, solíéndose dar sólo una aplicación anual, a fin de disminuir el riesgo de desmoronamiento de sus taludes térreos.

La normativa de la PAC (Política Agraria Comunitaria) obliga al agricultor a mantener una notable limpieza de malas hierbas en el arrozal, para recibir sus subvenciones. En este sentido, el Reglamento Específico de Producción Integrada de Arroz establece el umbral de tratamiento, tanto contra colas como contra ciperáceas, en el 2% de las plantas de la parcela, teniendo dicho porcentaje, en nuestra opinión, un carácter orientativo, por no decir discutible. Así, en el caso de equinocloa, más que mediante inspecciones y conteos (que son de cierto interés en los tratamientos de postemergencia) opinamos que debe tenerse muy en cuenta la "historia" de la parcela, es decir la evolución del grado de infestación de colas en las últimas campañas. Por otro lado, el tratamiento

contra ciperáceas es prácticamente obligado, año tras año, no existiendo, por tanto, umbral.

Excepcionalmente se encuentra alguna tabla casi limpia de colas y ciperáceas, parcelas que resultan idóneas para la producción ecológica de arroz (que prohíbe la aplicación de productos químicos de síntesis, como los abonos y los pesticidas tradicionales, incluidos los herbicidas). Las malas hierbas son el factor más limitante de este tipo de producción, mucho más restrictivo que en la integrada. Debe tenerse en cuenta el esfuerzo continuado y el costo económico que implica alcanzar (aún en las áreas menos propensas al desarrollo de malas hierbas) dicha baja densidad de flora arvense, grado de limpieza que lógicamente el arrocero valora y pretende conservar. En una parcela con alta infestación de colas y/o castañuela el elevado número de jornales de escarda manual necesarios harían económicamente inviable la producción ecológica, pese al mayor precio del grano cosechado y a la cuantía de la subvención recibida. En el caso de infestación de junquillo, eliminarlos a mano sería una tarea imposible, fuera de consideración.

Para una información actualizada y detallada de las materias activas y herbicidas autorizados en el cultivo del arroz se puede consultar la página web de productos fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (www.mapya.es/productosfitos/menueconsultas/htm) y las diversas normativas medioambientales de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, especialmente las relativas a las materias activas permitidas en producción integrada de arroz, así como las restricciones de su aplicación en la zona de influencia del Parque Nacional de Doñana. Cabe destacar que, en los últimos años, los precios de los herbicidas han sufrido un relativo abaratamiento.

Pasamos a comentar las materias activas y productos comerciales más frecuentes, siendo posibles otras combinaciones o mezclas, además de las que vamos a exponer. Antes de cualquier aplicación es necesario seguir las instrucciones y recomendaciones contenidas en las etiquetas así como las de los Servicios Técnicos correspondientes.

5.1.- Tratamiento contra *Echinochloa*

La equinocloa se puede controlar mediante escarda química y/o escarda manual. Lo más frecuente es tener que aplicar algún herbicida (Tabla 6.65), de forma obligada si hubo una significativa infestación de colas en la parcela en campañas anteriores. Actualmente, los tratamientos se aplican en postemergencia temprana del arroz, a los 25-30 días después de la siembra. En cambio las aplicaciones en preemergencia del cultivo casi han desaparecido.

Tabla 6.65: Herbicidas* contra *Echinochloa* sp.

Momento de aplicación	Materia activa	Producto comercial	Dosis / ha (producto comercial)
Preemergencia (postemergencia temprana)	Molinato 7,5 %	Ordram 7,5 y otros	60 - 70 kg
Postemergencia	Profoxidim 20 %	Aura + Dash	0,5 - 0,75 l + 0,4 - 0,5 l
	Cyhalofop 200 g / l	Clincher + Pg Supermojante	1,5 l + 0,5 l
	Propanil 35 %	Stam y otros	10 - 12 l + 10 - 12 l
	Propanil 80 %	varios	5 - 6 kg + 5 - 6 kg

* Materias activas, formulados, y dosis más usuales. Las aplicaciones aéreas suelen realizarse a razón de 100 litros por ha, mientras que las terrestres suelen llevarse a cabo con dosis de 100-200 litros por ha.

5.1.1.- Molinato

Es un tiocarbamato volátil, soluble en agua e inestable a la luz. Se absorbe principalmente por las hojas y en menor grado por las raíces. Se aplica en forma de gránulos, generalmente en pre-emergencia-postemergencia muy temprana, por avión sobre terreno inundado.

Para evitar la volatilización del producto es necesario elevar el nivel del agua al menos hasta 10-12 cm, cubriendo las plántulas de arroz, y mantener dicho nivel constante y el agua estancada por un mínimo de 3-4 días. Durante el período de tratamiento ninguna zona de la parcela debe quedar expuesta (al descubierto) dado que se perdería eficacia herbicida. La escasez de vientos favorece la acción de los herbicidas que requieren un buen control del nivel del agua.

Sin embargo el arroz, sobre todo las nuevas variedades tipo índica, prefieren niveles más bajos durante su fase inicial (punta de las hojas sobresaliendo del agua), ya que mejoran su respiración y desarrollo.

En cuanto al momento de aplicación, las colas no deben superar su estado de 3-4 hojas (principios de ahijado). Las colas jóvenes son más fáciles de controlar que las de 10-12 cm. Su mejor control se obtiene cuando las aplicaciones se realizan antes de que hayan desarrollado un vigoroso sistema radicular. Las bajas temperaturas disminuyen la eficacia de la aplicación, y por tanto el control de colas; las muy elevadas pueden acarrear daños al arroz. Los riesgos de fitotoxicidad disminuyen conforme avanza el desarrollo de la plántula.

Los tratamientos suelen efectuarse entre 1 y 7 días después de la siembra. Algunos agricultores lo retrasan lo más posible, como máximo hasta que las colas tienen 3 hojas, con el fin de disminuir los riesgos de fitotoxicidad, pero ello acarrea una larga y profunda submersión del cultivo. La solución de compromiso más frecuente es efectuar el tratamiento con colas de 2 hojas, aunque en ausencia de altas temperaturas algunos agricultores realizan el tratamiento por la mañana temprano, inmediatamente antes de la siembra o 1-2 días después. El efecto herbicida permanece unas dos semanas.

Las colas afectadas se hinchan ligeramente por su base, detienen su crecimiento, retuercen

sus hojas, que se inclinan o flotan sobre la superficie del agua, amarilleando antes de morir. En caso de fitotoxicidad, las plantas de arroz se vuelven de color verde azulado, pudiendo llegar a mostrar síntomas parecidos.

Es de resaltar que los tratamientos en pre-emergencia del arroz han caído en desuso (en cambio antes del año 2000 eran utilizados por cerca del 90% de los arroceros), de forma que actualmente sólo algunos agricultores emplean Ordram (molinato), debiéndose este drástico descenso básicamente a tres razones. La primera es que obliga a emplear altos niveles de agua (el agricultor, en cambio prefiere "sacar el arroz con poca agua"). Durante la germinación del arroz importa menos dicho nivel pero cuando la plántula tiene 1 hoja por encima del agua, y en presencia de viento, puede sufrir deriva (ya que flota), que sólo podríamos evitar bajando la lámina de agua hasta unos 3 cm. La segunda razón es que sólo controla la primera generación de colas (pudiendo ser necesario aplicar un segundo tratamiento). La última es que el molinato es algo fitotóxico. Tampoco debemos olvidar la aparición de nuevos y más eficaces herbicidas.

Los tratamientos en presiembra (que muy raramente se aplican) son aún menos aconsejables, existiendo mayores pérdidas por volatilización del producto. En el pasado se aplicaba molinato en presiembra, en seco, incorporándolo a unos 4-5 cm de profundidad con el último pase de labor. Después se inundaba la parcela lo antes posible (como máximo antes de los 5 días), manteniéndose la inundación tal como se indicó anteriormente. De igual modo, es muy infrecuente en la actualidad la aplicación de Único (molinato 8% + bensulfuron 0,08%), herbicida con un amplio espectro de acción sobre colas, ciperáceas y hoja ancha. Se aplicaba sobre campos inundados (5-10 cm de altura), manteniendo dicho nivel y el agua estancada por un mínimo de 5 días. Las colas no debían haber superado su estado de 2-3 hojas y las restantes malezas debían encontrarse entre germinación y 2 hojas. Con el aumento de las temperaturas se incrementaba el riesgo de fitotoxicidad.

5.1.2.- Cihalofop (Clincher)

Clincher es un herbicida anti-cola poco soluble en agua, poco contaminante, muy selectivo,

sistémico, que es rápidamente absorbido por las hojas y tallos de *Echinochloa* y translocado a todos sus tejidos. Ha mostrado una buena eficacia en el control de las diferentes especies de cola. Las colas muestran los primeros síntomas a los pocos días, muriendo a las dos semanas. Controla también *Leptochloa*.

Antes de su aplicación hay que vaciar la parcela, debiendo quedar restos de agua ("terreando") pero sobresaliendo las hojas de las colas, de forma que puedan ser alcanzadas por la pulverización. Este contacto es fundamental. Para que sufra menos la plántula de arroz, en vez de terreando (con charcos de 1-2 cm. de profundidad), creemos que el nivel de agua se puede elevar hasta 1 dedo de altura (incluso 2-3 dedos en parcelas con alta salinidad). En cualquier caso, la superficie del terreno no debe quedar completamente seca ya que "sufriría" el arroz. Tras la aplicación se debe mantener la parcela con las piqueras cerradas y sin aportes de agua durante 1-2 días (24 horas suelen ser suficientes). Después hay que reinundar hasta alcanzar el nivel normal del cultivo (cuanto más elevado mejor) para ayudar a la eliminación de las colas.

La dosis de aplicación es de 1,5 l/ha, en mezcla con igual cantidad del mojante recomendado (P.G. Supermojante). Por avión, con 100 l/ha de caldo, se obtienen los mejores resultados en cuanto a mojado y eficacia. En caso de aplicaciones terrestres, mucho menos frecuentes, suele ser suficiente con 200 l/ha.

Se recomienda aplicar cuando las colas tienen entre 1 y 3 hojas. El momento óptimo suele situarse entre 12-20 días después de la siembra (normalmente 14-15 días), con colas de 2-3 hojas, y temperaturas relativamente altas. A partir del ahijado de *Echinochloa* (4-5 hojas ó 1 hijo) disminuye notablemente la eficacia de este herbicida.

Clincher, al aplicarse dos semanas después de la siembra, controla varias generaciones de colas (lo que le da ventaja sobre molinato, de aplicación más temprana). Sin embargo, en cierto modo, es un tratamiento "a ciegas", ya que parte de las colas existentes todavía no están visibles. Otros modernos herbicidas, como Aura, han potenciado aún más las ventajas mencionadas.

De este herbicida destacaríamos su selectividad (mayor que propanil), el fácil manejo del

agua y su momento de aplicación. Tiene la ventaja sobre los herbicidas preemergentes de eliminar más colas (no sólo la primera sino también parte de la segunda generación). Además combate pronto a las colas evitándose el efecto protección (paraguas) que pueden ejercer las más tempranas sobre las más tardías, que se sitúan por debajo. Clincher, que se presenta como líquido emulsionable, no presenta incompatibilidad con otros insecticidas y herbicidas autorizados para el arrozal. Como norma general para cualquier herbicida, las posibles mezclas deben ser consultadas con anterioridad con los Servicios Técnicos correspondientes.

5.1.3.- Azimsulfurom (Gulliver)

Se trata de un herbicida de postemergencia, poco volátil, perteneciente a la familia de las sulfonilureas, de baja toxicidad para el hombre, los animales y el medio ambiente. Gulliver se formula como microgránulos dispersables en agua, que se disuelven rápidamente y forman una suspensión estable en la cuba de pulverización. Se recomienda para controlar un amplio espectro de malas hierbas, incluyendo las diversas especies de *Echinochloa* (aunque con resultados algo irregulares) y las ciperáceas (sobre todo castañuela) y malas hierbas de hoja ancha más importantes.

Se utiliza la dosis de 40 gramos de producto formulado por hectárea, necesitando la adición de Surfactante DP, alrededor de 0,5-0,6 cc/l, al caldo de pulverización para mejorar el control de *Echinochloa*. La misión del surfactante (mojante) es la de aumentar la absorción del producto por las colas. Dicho surfactante está especialmente recomendado para las sulfonilureas.

Para la aplicación de este herbicida el estado óptimo del arroz se sitúa entre las tres hojas y el inicio del ahijamiento. Como para cualquier otro tratamiento, es importante que el cultivo se encuentre en buen estado sanitario. Su momento de aplicación permite cultivar el arroz con niveles bajos de agua durante sus primeras etapas.

Los mejores resultados contra colas se obtienen a partir de 3 hojas hasta el inicio del ahijamiento, alrededor de unos 20 dds (días después de siembra). Las ciperáceas deben encontrarse entre 2 hojas e inicio de ahijado, mientras que las malas hierbas de hoja ancha deben tratarse entre

el estado de cotiledones hasta 2-4 hojas, existiendo mayor flexibilidad que en el caso de las colas.

Gulliver debe aplicarse sobre parcelas con escaso nivel de agua (1-2 cm) para favorecer su contacto con las malas hierbas, pero no sobre terreno seco, ya que disminuiríamos su absorción y translocación. Tras 24-48 horas (si hace mucho calor y/o viento solano, no esperar 24 horas sino sólo 12, pues la tabla tarda tiempo en llenarse) se reintroduce lentamente el agua, con las piqueras de salida cerradas, hasta un nivel apropiado al cultivo, cerrando posteriormente las piqueras de entrada con el fin de mantener el agua estancada durante un mínimo de 5 días, para complementar el control y obtener el efecto de persistencia sobre nuevas germinaciones de malas hierbas.

La mejor actividad se da con temperaturas entre 15 y 25° C. En determinadas condiciones puede provocar clorosis, parada vegetativa y cierta fitotoxicidad sobre el cultivo. En la actualidad el uso de este herbicida está relativamente poco extendido.

Gulliver tiene una clara incompatibilidad o antagonismo con algunos herbicidas como propa-nil, con los que no debe mezclarse en los tanques ya que se reduciría su eficacia.

5.1.4.- Propoxidim (Aura)

Este moderno herbicida antigramíneo de postemergencia (apareció algo después que Clincher) controla las cuatro especies de echinocloa, aunque *E. oryzoides* y *E. oryzicola* muestran mayor resistencia en tratamientos tardíos.

Aura también es eficaz contra *Leptochloa fascicularis* y *Glyceria fluitans*. La grama, *Paspalum distichum*, se muestra moderadamente sensible, escapándose si se encuentra sumergida. Para controlar estas gramíneas es necesario emplear dosis algo más elevadas.

Los primeros síntomas son una parada del crecimiento y un cambio de color de las malas hierbas, que pasan al amarillo pajizo o rojo-morado. Estos efectos son visibles a los pocos días de la aplicación, sobreviniendo la muerte generalmente a partir de los diez días. Se puede aplicar durante el período de ahijamiento del arroz, frecuentemente cuando la mitad de las plantas tienen un hijo. En cuanto al estado de las colas, *E. crus-galli* y

E. hispidula deben encontrarse entre 1 y 7 hijos, mientras que *E. oryzicola* y *E. oryzoides* entre 1 y 2. Normalmente el tratamiento se aplica cuando el arroz tiene alrededor de 25-27 días y las colas 2-3 hijos (ya que es más eficaz tratar las colas cuando son pequeñas, aunque también ejerce un buen control sobre colas de 5-6 hijos.). En estas condiciones las equinocloas son visibles, habiendo emergido varias generaciones de esta mala hierba (aventajando en este aspecto a Clincher, cuya aplicación es a los 14-15 días de la siembra). Debemos tener en cuenta que a las cuatro semanas de sembrar el arroz ya han salido la casi totalidad de las colas de esa campaña. En siembras retrasadas (tardías), con temperaturas más elevadas, la aplicación puede adelantarse a los 20-25 días, para evitar que se “vayan” las colas. En resumen, Aura se aplica en el mejor momento y ejerce un buen control de equinocloa, lo que explica su amplia utilización.

Es un herbicida de contacto, algo menos selectivo que Clincher. Aura debe utilizarse junto con su mojante Dash (el riesgo de fitotoxicidad lo da básicamente el mojante). La fitotoxicidad se manifiesta frecuentemente por la aparición de puntas o lunares blancos en la hoja de arroz.

El manejo del agua debe hacerse de forma cuidadosa. Antes de la aplicación del producto se baja el agua hasta una altura de uno o dos dedos (dado que las colas son relativamente mayores, se deja un poco más de nivel que con Clincher). Con que Aura “toque” la cola es suficiente. A continuación se mantiene la tabla 24 horas con dicho nivel (2-4 cm), para reestablecerlo 24-48 horas después del tratamiento (en terrenos salinos este intervalo, cremos, puede reducirse a 12-24 horas). Debe tenerse en cuenta que el mojante, de naturaleza aceitosa, flota y tiende a acumularse en los alrededores de las piqueras de salida de agua, por lo que, para evitar riesgos de fitotoxicidad, es recomendable dejar abiertas las piqueras de salida (quitando “tablillas”) durante 2-3 horas para eliminar el mojante restante. Pasado dicho período se vuelve a cerrar la piqueta.

Aura es un producto denso (con menos riesgo de deriva), que es preferible aplicar por avión (los aparatos de mayor tamaño lo distribuyen mejor), siendo aconsejable que vuele algo más alto (3,5-4 m) que en otros tratamientos. Con

vuelos demasiados bajos se incrementan los riesgos de bandas con quemaduras y fitotoxicidad. En vuelos altos, si se apreciara deriva del producto, lógicamente habría que detener la aplicación. El tratamiento parece actuar aún mejor en días nublados, en los que el mojante se degrada más lentamente, por lo que se puede reducir su dosis. La temperatura del aire no debiera superar los 25°C.

En tratamientos terrestres, menos frecuentes que los aéreos (aunque existen restricciones y situaciones especiales que nos obligan a utilizar el tractor), se recomiendan dosis de 0,5-0,75 l/ha (más igual cantidad de mojante) con un volumen de caldo de alrededor de 200-250 l/ha. En los tratamientos aéreos, que parecen tener aún mejor efectividad, la dosis de mojante se limita a 0,5 l/ha y la de caldo a 100 l/ha (un avión suele cargar unos 700 litros). Es conveniente la correcta dosificación del mojante. En situaciones de baja infectación y buenas condiciones de aplicación se puede r

su aplicación, es necesaria la adición del surfactante (mojante) recomendado al caldo de pulverización. En el tratamiento general contra ciperáceas y malas hierbas de hoja ancha alcanza una buena eficacia cuando se mezcla con MCPA, como detallaremos más adelante.

El propanil reduce su actividad y control con temperaturas bajas. Las temperaturas altas incrementan significativamente los riesgos de fitotoxicidad, consistentes en quemaduras de contacto, amarilleo de las hojas y, en caso extremo, la muerte progresiva, de arriba hacia abajo, de la planta de arroz. Los vientos cálidos y secos incrementan los riesgos de fitotoxicidad y de deriva. Propanil es eficaz, relativamente barato, pero con mayor riesgo de fitotoxicidad que otros herbicidas, especialmente en condiciones climáticas desfavorables. En las malas hierbas los síntomas consisten en necrosis de la superficie foliar expuesta y posterior muerte de la planta.

Es un producto muy versátil. La dosis de empleo varía básicamente en función de las especies de mala hierba presentes, de su estado fenológico, grado de infectación, tipo de formulado y programa herbicida. Se pueden aplicar apenas 3-4 kg/ha de propanil 80% o dosis más elevadas (5-6 kg/ha.) e incluso dar dos pases sobre colas más desarrolladas (este tratamiento *split* era más habitual).

En cuanto al momento de aplicación, el arroz debe de estar “salvado”, es decir, a partir del comienzo de ahijamiento (normalmente entre los 25 y 35 dds, no más tarde). En estado de 2-3 nudos, y aún más en zurrón (preñado), el cultivo es muy sensible. Los mejores resultados se obtienen sobre colas de 3-4 hojas (inicio de su ahijado). Se puede aplicar por medios terrestres y aéreos (algo más recomendables son los tratamientos con tractor).

El nivel de agua debe ser bajado (secar la tabla, como máximo 1-2 dedos de altura) para que quede expuesta la máxima superficie foliar durante la aplicación. Pasadas 24-48 horas, la elevación del nivel ayuda a eliminar las malezas, evitando posibles rebrotes.

Propanil puede aplicarse solo, en mezclas (con MCPA, Londax, etc.) o integrarse en tratamientos secuenciales (Londax, Gulliver, etc.) dentro de un programa de tratamientos. Es incompatible con insecticidas fosforados (malatión, triclorfón), debiendo mantenerse un período de seguridad de 15 días entre ambos tratamientos.

5.2.- Tratamientos contra ciperáceas y hoja ancha

Tras haber controlado las “colas” (generalmente mediante un tratamiento químico, aunque a veces basta con una escarda manual) se aplica un segundo tratamiento, llamado “general”, con objeto de combatir conjuntamente las malas hierbas de la familia de las ciperáceas así como las denominadas de hoja ancha (Tabla 6.66). El carácter distintivo de este tratamiento, más que ser “general”, es que se aplica prácticamente “siempre”. Actualmente se lleva a cabo alrededor de los 28-30 días después de siembra; incluso, si es posible, algún día antes (hasta hace pocos años, en cambio, este tratamiento se efectuaba a los 35-40 dds). Dicho adelanto (por tanto con malas hierbas menos desarrolladas) está justificado por una mayor eficacia del tratamiento (lo que conlleva la posibilidad de reducir algo las dosis) y un menor riesgo de fitotoxicidad.

Las ciperáceas (la castañuela algo más que el junquillo) son más agresivas y difíciles de controlar que las malas hierbas de hoja ancha. Entre estas últimas, la de mayor dificultad es la enea.

A continuación se detallan las materias activas más frecuentemente utilizadas, las caracterís-

ticas y forma de aplicación de los productos comerciales más habituales, así como de sus mezclas, teniendo en cuenta que una misma materia activa puede dar lugar a diversos productos, de idéntica o cercana eficacia. La elección del producto (y/o de las mezclas) vendrá en buena parte determinada por las especies arvenses predominantes así como por el coste total de su aplicación.

5.2.1.- Propanil + MCPA

El MCPA es un producto hormonal, que actúa por contacto, y que al igual que el propanil, ha de ser empleado cuidadosamente para evitar riesgos de fitotoxicidad y deriva (el algodón colindante es muy sensible). Sus sales aminas son menos fitotóxicas que sus sales potásicas. Tanto el propanil como el MCPA son algo más “agresivos” contra el arroz que los herbicidas a base de Bentazona. La superficie foliar de ciperáceas y malas hierbas de hoja ancha, por lo menos la mitad, debe quedar expuesta (sobresalir) por encima del agua para absorber y translocar el producto. Las malas hierbas tratadas adquieren tonos marrones, con crecimiento desordenado, hojas retorcidas y tallos quebradizos. El arroz es muy sensible al MCPA a



Fig. 6.67.- Tratamiento “general” contra ciperáceas y hoja ancha

partir del inicio de encañado. Este herbicida no se aplica solo, sino junto con propanil, formando una mezcla barata y eficaz.

Tabla 6.66.- Herbicidas* contra ciperáceas y malas hierbas de hoja ancha

Materia activa	Producto comercial	Dosis/ha (prod. comercial)
Bentazona 40% + MCPA 6% + MCPA 40l	Basagran M60 + Grotex	3 - 4 l + 0.5 l
Bentazona 48% + MCPA 60%	Basagran I / Zoom + Hermenon Extra	3 - 3,5 l + 0,6 l
Bensulfuron 60% + MCPA 40%	Londax 60 DF / Deltax / Forno + Grotex	85 - 100 g + 0.5 - 1 l
Propanil 35 % + MCPA 40 %	Stam y otros + Grotex y otros	3 - 3,5 l + 0,75 - 1 l
Propanil 48 % + MCPA 60 %	Stam Flo 480 + Primma Mix 60	2 - 2,25 l + 0,6 - 1 l
Propanil 80 % + MCPA 60 %	Stam 80 EDF / Lizar 80 Edf + Hermenon Extra	1,25 - 2 kg + 0,6 - 1 l
Cinosulfuron 20%	Setoff 20 Wg	200 - 400 g
Imazosulfuron 10,7%	Kocis + Herbidown	0,8 l + 1l

*Materias activas, formulados y dosis más usuales. Todos los productos se aplican en postemergencia. Las aplicaciones aéreas suelen realizarse a razón de 100 litros por ha, mientras que las terrestres suelen llevarse a cabo con dosis de 100-200 litros por ha. Todos estos productos son compatibles y se pueden aplicar en mezcla de dos o tres de ellos (excepto el azimsulfurón 50%).

Dentro de la versatilidad de uso de los diferentes formulados expondremos dos tratamientos de referencia de propanil + MCPA:

5.2.1.1.- Tratamiento contra ciperáceas y malas hierbas de hoja ancha (conocido como tratamiento general)

Se aplican 2-2,5 kg/ha de propanil 80% + 0,5 l/ha de MCPA 60% (o bien 0,75 l/ha de MCPA 40%) + 0,75 l/ha del mojante recomendado. La dosis más alta de propanil corresponde a parcelas con malas hierbas muy desarrolladas. Se desagua la tabla, se aplica el tratamiento y se espera 48 horas para meter el agua a tope, manteniéndola así el mayor tiempo posible.

*5.2.1.2.- Tratamiento contra *echinochloa* y contra ciperáceas y malas hierbas de hoja ancha (en caso de existencia de colas tardías en el momento de aplicación del tratamiento general)*

Se realizan dos aplicaciones: la primera consiste en 5-5,5 kg/ha de propanil 80% + 0,75 l/ha del mojante recomendado. En la segunda se aplican 5-5,5 kg/ha de propanil 80% + 0,5 l/ha de MCPA 60% (o bien 0,75 l/ha de MCPA 40%) + 0,75 l/ha del mojante recomendado. En cuanto al manejo del agua, la primera aplicación se lleva a cabo con la parcela desaguada y, tras esperar 48 horas, se realiza la segunda aplicación, manteniéndose en seco la parcela dos días más, para posteriormente elevar la lámina de agua al máximo nivel y durante el mayor tiempo posible (1-2 semanas).

Los momentos de aplicación se sitúan actualmente alrededor de los 30-35 dds. Deben consultarse posibles incompatibilidades o restricciones de aplicación de esta mezcla con herbicidas derivados de la sulfonilurea, algunos insecticidas, así como con aminoácidos y abonos foliares.

Es importante destacar que, aunque actualmente no está permitido, sería en nuestra opinión muy conveniente volver a autorizar la utilización de propanil, al menos a mitad de dosis (en una sola aplicación), durante un período de 120 días por campaña, con el fin de controlar ciperáceas.

5.2.2.- Bentazona

Esta materia activa es la base de productos comerciales (como basagran L y zoom, que son muy parecidos) los cuales se comportan como herbicidas no hormonales y muy selectivos para el arroz. En la margen izquierda del Guadalquivir es frecuente su uso debido a la existencia de cultivos de algodón colindantes con el arrozal. Controla muy bien tanto las ciperáceas como las malas hierbas de hoja ancha (se trata de una materia activa de amplio espectro). Es un producto relativamente costoso (lo que limita algo su empleo, pese a su excelente eficacia), aunque ha bajado su precio en los últimos años. Puede aplicarse en cualquier momento, a partir de las 3-4 hojas del cultivo, tanto por avión como con tractor. Se suelen utilizar dosis de 3-4 l/ha de producto formulado, según la densidad y el estado de las malas hierbas. Se realiza el tratamiento sobre terreno seco (máximo con un dedo de agua), por si hay hierba pequeña (ya que se trata de un herbicida de contacto), reinundando la tabla a las 24-48 horas (si la temperatura es alta es suficiente con un día) y manteniéndose alto el nivel de la lámina de agua durante el mayor tiempo posible (5-12 días), volviendo, finalmente, al nivel normal.

El tratamiento suele realizarse tras la "seca", unos 30-35 después de la siembra. En tratamientos aéreos es frecuente utilizar 100 l/ha de caldo en doble pasada de 50 l. En tratamientos terrestres se aumenta el volumen de caldo lo más posible a fin de mojar bien las malas hierbas, ya que se absorbe por vía foliar. Por motivos económicos, difícilmente se superan los 100 l/ha en las aplicaciones por avión; en cambio, en las terrestres (mediante tractor) el tratamiento se paga por hectárea. Hay que procurar que el paso del tractor no lave el producto (el barro salpicado puede además unir algunas hojas del arroz), lo que puede evidenciarse, posteriormente, con la aparición de bandas estrechas de terreno ("rodadas") con mayor infectación de malas hierbas, de plagas (y de presencia de pájaros que se alimentan de éstas) así como de mayor incidencia de piriculariosis.

Hoy día las hierbas son más resistentes y suele ser conveniente añadir un suplemento de MCPA al basagran. Es frecuente la utilización de bentazona 40% + MCPA 6% (basagran-M) y también bentazona 48% + MCPA 60% (zoom + her-

menón). En estas mezclas el herbicida hormonal es un derivado de baja volatilidad. Suelen aplicarse 3,5 l/ha de zoom más 0,5 l/ha de MCPA 60%.

Basagran-M es algo más efectivo que basagran-L, debido a su mejor translocación, pero sólo puede ser aplicado en zonas donde no exista peligro de afectar a cultivos sensibles colindantes, como el algodón. Puede aplicarse desde el inicio de ahijamiento del arroz hasta poco antes de su estado de "zurrón", debiéndose esta última restricción a la presencia del MCPA. Basagran-M refuerza la acción contra junquillo del basagran-L. A veces se le añade un poco más de MCPA en caso de fuerte ataque de anea o de junquillo. Es eficaz la mezcla de bentazona y bensulfurón al 50% de sus dosis, a las que se añade 0,4-0,5 litros de MCPA 40% (grotex y otros) en caso de grave infectación. Tiene la ventaja de que elimina tanto las malas hierbas muy desarrolladas como las que están a punto de salir, dado el carácter residual del bensulfurón.

También se puede utilizar la mezcla basagran-M + setoff, debido a la excelente acción anti-junquillo del setoff (cinosulfuron). Setoff no controla bien otras malas hierbas, como la anea, por lo que se aconseja mezclarlo con bentazona o bensulfuron, según las especies arvenses presentes. Dado que setoff no es hormonal, también se mezcla a veces con basagran-L para tratamientos cercanos a linderos de algodón. Setoff, que no es barato, se utiliza poco en la zona arrocera andaluza.

5.2.3.- Bensulfuron (Londax y otros)

Se trata de una sulfonilurea, poco volátil, que se formula como microgránulos que se disuelven rápidamente en agua. Inhibe la acción de la enzima acetilactato sintetasa que es responsable de la síntesis de tres aminoácidos (valina, leucina e isoleucina) esenciales para el desarrollo de las plantas, lo que causa la eliminación de las malas hierbas sensibles. Se absorbe por las hojas, tallos y en menor grado por las raíces, translocándose al resto de la planta, preferentemente a los tejidos en crecimiento. La muerte sobreviene a las 2-3 semanas. El arroz es capaz de metabolizar rápidamente el ingrediente activo, descomponiéndolo en productos no fitotóxicos.

La temperatura afecta su actividad y eficacia. Las ideales se encuentran entre 15-25° C. Sin embargo, con temperaturas muy altas se corre el riesgo de dañar ligeramente al cultivo. Las temperaturas bajas ralentizan el crecimiento de las malas hierbas, disminuyendo la absorción y eficacia del producto.

Su espectro de acción incluye las malas hierbas ciperáceas y otras especies de hoja ancha, tanto anuales como perennes. Destaca su excelente control de aneas, lo que convierte a esta materia activa en habitual en las mezclas que pretendan combatir dicha mala hierba.

Londax, al igual que otros herbicidas, tiene una gran versatilidad de uso, pudiendo aplicarse solo, en mezclas e incluso secuencialmente con otros herbicidas, tanto contra equinocloa como contra ciperáceas y hoja ancha, desde postemergencia-temprana a postemergencia media-tardía, en función de las condiciones particulares de infectación de la parcela.

Para la mayoría de las especies de malas hierbas sensibles, la mayor eficacia se alcanza con aplicaciones en estados tempranos de desarrollo y en fase de crecimiento activo. Puede ser aplicado sobre el arroz desde su estado de 2-3 hojas hasta el final del ahijado.

En el tratamiento general contra ciperáceas y hoja ancha (la variante más habitual) se utilizan 100 g/ha, dejando escurrir el agua hasta que el terreno quede encharcado. Tras 24-48 horas se eleva el nivel, que debe permanecer alto y constante (sin desagües) al menos 6-7 días. El producto se absorbe en 2-3 días.

En los últimos años, quizás por un cierto aumento de resistencia de algunas malas hierbas, es usual mezclar bensulfuron 60%, a dosis de 85-100 g/ha, con MCPA 40% (a dosis cercana a 1 l/ha). También es posible mezclarlo con propanil + MCPA, para incrementar su eficacia, especialmente en caso de graves infectaciones de junquillo (en estados avanzados el junquillo muestra menor sensibilidad al bensulfuron). En postemergencia temprana, se puede aplicar junto con molinato, aunque esta mezcla es poco frecuente, para complementar la actividad de este herbicida anticola.

5.2.4.- Imazosulfuron (Kocis y otros)

Destaca por su buen control de castañuela. En caso de grave infestación de eneas es conveniente su mezcla con otros herbicidas como bensulfuron o MCPA. Es eficaz contra junquillo en sus primeros estados de desarrollo. Se puede mezclar con Aura. El manejo de agua es similar al del bensulfuron. Kocis se aplica con mojante (Tabla 6.66).

5.2.5.- Mezclas contra ciperáceas y hoja ancha, control total mediante un solo herbicida y utilización de mezclas como tratamiento único

En los tratamientos herbicidas contra ciperáceas y hoja ancha hemos comentado que es frecuente el uso de mezclas (las más frecuentes se exponen en la Tabla 6.66). En primer lugar, su elección dependerá de la composición y predominancia de las especies de malas hierbas que pretendamos combatir. Los productos integrantes de la mezcla deberán ser compatibles, teniendo especial cuidado en lo relativo a los mojantes. También han de tenerse en cuenta las restricciones específicas de cada producto, con relación a su momento de aplicación, manejo del agua, así como en lo relativo a las posibles correcciones de sus dosis correspondientes, al formar parte de una mezcla. Las casas comerciales, lógicamente, no se hacen responsables del grado de eficacia o de fitotoxicidad de las mezclas “creativas” (no habituales) con productos de la competencia, aunque de algunas de ellas se conozca un contrastado control. Otro factor importante a tener en cuenta es el precio de la mezcla. En este sentido existen herbicidas baratos como el propanil (sobre todo en su formulado líquido) y otros más costosos, como bentazona y bensulfurón (en contrapartida, la mezcla de estos dos herbicidas “se lo lleva casi todo”). Si buscamos una mezcla más selectiva (con menor riesgo de fitotoxicidad) habría que utilizar menos propanil y MCPA. En caso de alta infectación de enea, por poner otro ejemplo, bensulfurón podría ser un buen integrante de nuestra mezcla.

Otra cuestión diferente es la posibilidad de aplicar un solo tratamiento herbicida, mediante una sola materia activa, para controlar de una vez toda la flora arvense del arrozal (colas + ciperáceas + hoja ancha). Actualmente no disponemos de resultados contrastados sobre un producto co-

mercial con elevada eficacia para poder llevar a cabo el deseado tratamiento único, aunque existe un lógico deseo y una clara tendencia a poder utilizarlo ampliamente en el futuro, por las ventajas económicas (ahorro de costes) que ello implica. El reciente herbicida Viper (penoxulan), con un método de aplicación parecido al de Aura, encaja en dicha tendencia, aunque, en nuestra opinión, son necesarios más experimentos para contrastar su grado de eficacia en nuestras condiciones de cultivo.

Finalmente, y desde otra perspectiva, también podemos abordar el control de todas las malas hierbas del arrozal mediante un sólo tratamiento, pero basado en la utilización de una mezcla de varios herbicidas. Como integrantes de dicha mezcla deben estar presentes materias activas que controlen las colas y las ciperáceas + hoja ancha. Ya hemos comentado las consideraciones que han de tenerse en cuenta en la aplicación de cualquier mezcla herbicida (compatibilidad de las materias activas y de los mojantes, restricciones de cada producto con relación a su momento y dosis de aplicación, precio de la mezcla, falta de garantía o responsabilidad por parte de las casas comerciales si algún producto integrante no es de su incumbencia, etc.). Dicho esto, se conocen mezclas que son eficaces como tratamiento único (aplicadas, en su mayoría, bajo la responsabilidad del arrocero) especialmente en caso de bajas infectaciones de malas hierbas (por ejemplo, aura + dash + kocis; aura + dash + londax + kocis; o aura + dash + londax + kocis + hermeton Extra). Insistimos en la conveniencia de consultar con los servicios técnicos de las casas comerciales y obtener su respaldo, antes de aventurarse en la aplicación de mezclas (en este sentido, algunos productos, como Aura, pueden perder algo de su eficacia en determinadas mezclas; bentazona, por ejemplo, no es compatible con Aura, etc.). El momento de aplicación de estos posibles tratamientos únicos, a ser posible por avión, se sitúa alrededor de los 22-28 dds. En caso de fuerte infectación de malas hierbas consideramos más conveniente la realización de los dos tratamientos tradicionales, el primero contra colas y el segundo contra ciperáceas y malas hierbas de hoja ancha.

6.- Algas

Las algas encuentran en el arrozal y en los cursos de agua un medio idóneo para su proliferación. Son organismos sencillos que se diferencian de los hongos y de las bacterias básicamente por su capacidad de realizar la fotosíntesis, contribuyendo a oxigenar y purificar las aguas. La mayoría de los botánicos las incluyen dentro de las criptógamas, o plantas carentes de flor. Se reproducen por división celular y algunas especies también por esporas. Aunque no deben considerarse malas hierbas, compiten igualmente con el arroz, causándole a veces graves daños.

6.1.- Características

En el arrozal proliferan numerosas especies de algas, variando su composición en función de las condiciones ambientales (temperatura, luz, salinidad, pH, etc.) y de cultivo (materia orgánica y nutrientes del suelo, nivel y grado de contaminación del agua, etc.) de manera que en cada etapa de desarrollo del arroz predominan determinadas especies, que producen un daño variable según la importancia de la masa de algas. La composición de las asociaciones de diferentes especies de algas varía también de unos años a otros, pudiendo ser diferente en campos colindantes, debido, respectivamente, a las cambiantes condiciones climáticas y a las características y prácticas culturales específicas de cada parcela.

Las algas tienen en general menores exigencias térmicas y lumínicas que el arroz, por lo que su competencia y perjuicios se acentúan en condiciones climáticas adversas, que ralentizan el desarrollo de la plántula. Bastantes especies de algas suelen hacer su aparición pocos días después de la siembra formando masas verdes que, a partir de las áreas con temperaturas más bajas, se van extendiendo al resto de la parcela. Las algas crecen mejor en aguas no demasiado profundas (menos de 7-8 cm), en lugares donde una deficiente preparación del lecho de siembra ha creado áreas bajas con mal desagüe y en parcelas con inadecuada descomposición de restos de cosecha. El fertilizante fosfórico no incorporado, existente en la superficie del terreno, estimula su crecimiento. En cualquier caso, no se conocen de forma precisa los requerimientos que disparan la proliferación de las distintas especies de algas.

Los tipos de algas incluyen las microscópicas (fitoplancton) suspendidas en el agua, las algas filamentosas, apreciables a simple vista, y una forma avanzada llamada chara ("asprella") que tiene apariencia de mala hierba. Las algas no causan enfermedades ni lesiones al arroz, siendo sus daños de tipo competitivo (principalmente por la luz), mecánico y fisiológico. Aunque, en gran número, las algas microscópicas pueden enturbiar el agua, raramente causan perjuicios significativos al arroz. Las algas filamentosas son las más problemáticas, ya que pueden obstaculizar e incluso atascar los cursos de agua y, sobre todo, entorpecer el enraizamiento, emergencia y desarrollo de las plántulas de arroz. Los filamentos o mechones sumergidos enredan o impiden el desarrollo de la plántula. En su movimiento las masas flotantes de filamentos pueden desarraigar las plántulas. La existencia de burbujeo en la superficie de la tabla es indicio de una seria infectación de algas.

Parece ser que la mayor parte del inóculo (trozos de filamento y/o esporas) proviene del suelo del arrozal, siendo de menor importancia el aportado por el agua de riego, salvo que previamente haya pasado por otras tablas.

6.2.- Clasificación y descripción

En el arrozal proliferan infinidad de especies de algas, destacando las pertenecientes a los grupos de las verde-azuladas (cianofíceas) y de las verdes (clorofíceas), siendo de menor importancia las silíceas (diatomeas) y las algas coronales (carofíceas). Las algas pardas (feofíceas) y las rojas (rodofíceas) son muy poco frecuentes.

6.2.1.- Algas verde-azuladas (cianofíceas)

El de las cianofíceas es el grupo de algas más sencillo, menos evolucionado, que sólo se reproducen asexualmente, mediante multiplicación celular o a partir de un trozo de filamento. Contienen pigmentos azulados (ficocianinas) asociados a los pigmentos verdes clorofilicos. En la Marisma, el género más importante es *Oscillatoria*, que comprende numerosas especies siendo *O. limosa* la más representativa. Está formada por filamentos finísimos, mucilaginosos (constituidos por células pegajosas), no ramificados, de color verde-azulado, que realizan lentos movimientos oscilatorios, característica que da nombre al gé-

nero. *Oscillatoria* se desarrolla rápidamente sobre el suelo cenagoso tras la inundación de la parcela previa a la siembra. El crecimiento y multiplicación de sus microscópicos y pegajosos filamentos acaba formando un tupido fieltro al que se adhieren partículas de tierra y microorganismos, cubriendo la superficie del suelo con una capa viscosa, de aspecto acartonado y térreo, con tonalidades verde-azuladas. Primeramente esta capa estorba o impide que las raicillas de la planta arraiguen en la tierra. Posteriormente, fragmentos de esta capa se desprenden y ascienden a la superficie empujados por las emanaciones naturales de gases del suelo, arrastrando consigo las semillas y plantitas de arroz, lo que suele acarrear su pérdida. Los fragmentos, de tamaño variable, permanecen anclados o son desplazados por el viento y las corrientes de agua, constituyendo un obstáculo mecánico para la emergencia del arroz y provocando con su movimiento el desarraigo de las plántulas. Dicha capa y sus fragmentos se conocen vulgarmente por el nombre de “costras”, que progresivamente adquieren una tonalidad más marrón. *Oscillatoria*



Fig. 6.68.- Inicio de formación de la “costra”



Fig. 6.69.- Capa y fragmentos de “costra”

prolifera mejor con temperaturas relativamente bajas, inferiores a 18° C, en aguas y suelos ricos en materia orgánica de origen vegetal, pH básico, bajo nivel de agua y débil corriente.

6.2.2.- Algas silíceas (diatomeas)

Las diatomeas son algas microscópicas unicelulares caracterizadas por poseer una membrana celular rígida, de naturaleza péctico-silíceas. Suelen aparecer pocas horas después de la inundación, precediendo a *oscillatoria*. Algunas especies forman delgadas capas o manchas aceitosas en la superficie del agua que el viento o la corriente arrastra hacia las orillas de la tabla, adquiriendo el aspecto de espuma, algo viscosa y de color ocre o verdoso. Dichas manchas se conocen vulgarmente por el nombre de “grasa”, estando compuestas por las propias algas, a modo de polvillo, y de abundantes microorganismos o impurezas del agua que se adhieren a ellas. Son fáciles de disgregar. Otras especies se depositan en el fondo del arrozal adheriéndose también a la superficie de las semillas o de las plántulas sumergidas, perturbando su enraizamiento y desarrollo. Este grupo de algas normalmente no causa daños de consideración al arroz.

6.2.3.- Algas verdes (clorofíceas)

Son más evolucionadas y complejas que los grupos anteriores, pudiéndose multiplicar asexualmente (por división celular) o sexualmente mediante esporas. Pueden perjudicar gravemente al arroz, ya que constituyen, junto con las “costras”, un serio obstáculo mecánico para su emergencia y arraigo. Forman masas fibrosas que restringen el paso de la luz y el calor del sol hasta las sumergidas plántulas de arroz, disminuyendo su actividad fotosintética y aumentando el riesgo de marchitez, si se prolonga la presencia de dichas concentraciones de algas. Las especies más perjudiciales para el arroz pertenecen a los géneros *sphaeroplea*, *spyrogyra*, *hydrodictyon* y *cladophora*. Son algas distinguibles a simple vista, filamentosas, salvo *hydrodictyon*, que es reticular. Todos estos géneros suelen aparecer pocos días después de las “costras”.



Fig. 6.70.- *S. annulina* va tomando progresivamente tonalidades rojizas

6.2.4.- *Sphaeroplea annulina*

Empieza a observarse poco después de la inundación, ya que se desarrolla bien con temperaturas tibias. Vive adherida al suelo del arrozal en forma de filamentos de color verde claro, suaves y finos, enredados inicialmente con los restos del rastrojo y plántulas de arroz para posteriormente emerger y extenderse sobre la superficie del agua, cubriendo zonas más o menos extensas, y dificultando el normal desarrollo del arroz. A finales de mayo o durante el mes de junio cambia progresivamente su coloración verde primitiva por un rojo más o menos intenso, debido a que en dicho período tiene lugar la maduración de sus esporas. Prolifera mejor en aguas salobres.

6.2.5.- *Spirogyra* sp.

El género *spirogyra* incluye numerosas especies que suelen presentarse a mediados de mayo, formando masas sedosas de filamentos que se adhieren al substrato cenagoso o se desplazan libremente por la parcela inundada. Generalmente tienen un color verde claro, a veces más intenso a causa de una mayor densidad de cloroplastos, los cuales, observados al microscopio, presentan su típica forma de banda en espiral extendiéndose de un extremo a otro de la célula, de donde recibe su nombre. Al igual que los géneros anteriores, las densas masas flotantes desarraigan y perjudican la emergencia y desarrollo de las plántulas de arroz. Suele aparecer a mediados de mayo. *Spirogyra* tolera amplias oscilaciones térmicas (es euriterma) por lo que se desarrolla tanto en verano como en invierno.

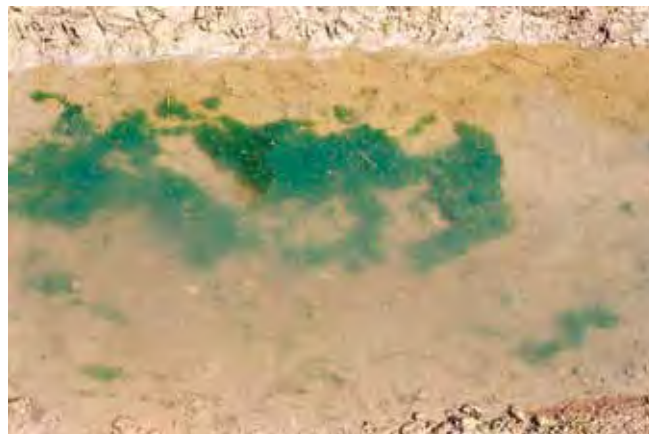


Fig. 6.71.- *Spirogyra*. Cortesía de Bayer C.S

6.2.6.- *Hydrodictyon reticulatum*

Se conoce como red o telaraña de agua. Sus células se unen por sus extremos, en grupos de 3 a 5, tomando forma de estrella, acoplándose a su vez dichos grupos hasta adquirir aspecto de red o malla de saco, que puede alcanzar varios decímetros de longitud. En sus primeros estados de desarrollo pueden observarse creciendo sobre el fango para luego flotar libremente en el agua, desarraigando e impidiendo la normal emergencia de la plántula. Su máximo desarrollo lo suelen alcanzar entre mediados de mayo y primeros de julio, ya que prolifera mejor con temperaturas más bien cálidas. Estas masas reticulares y estropajosas retienen gran cantidad de burbujas, teniendo la parte superior, expuesta al aire, un color verde amarillento mientras que la parte sumergida es verde intensa.

6.2.7.- *Cladophora* sp.

Viven adheridas al suelo del arrozal y al fondo de los canales mediante unas estructuras parecidas a raíces. Prefiere las aguas movidas o agitadas por lo que es frecuente su presencia cerca de las "piqueras" de riego. Su aspecto es de largas madejas filamentosas, que pueden alcanzar varios metros, serpenteando en los cursos de agua. Suele aparecer a finales de mayo, permaneciendo hasta la recolección. Algunas de sus especies desprenden un olor desagradable.

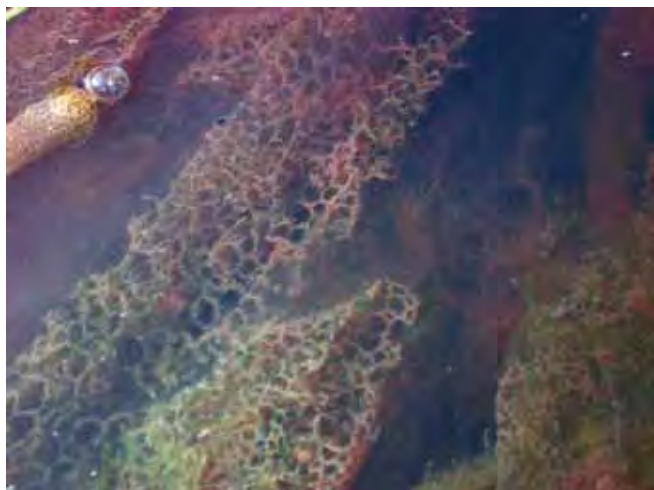


Fig. 6.72.- Las masas estropajosas de *H. reticulatum* retienen burbujas de aire

6.2.8.- Algas coronales (carofíceas)

Las carofíceas son las algas más evolucionadas, tanto que a veces son confundidas con la mala hierba *Zannichelia palustris*. La especie más frecuente en nuestros arrozales es *Chara foetida*, de color verde-parduzco, conocida vulgarmente como "asprella". Cuando se aplasta entre los dedos despide un olor fétido, de donde recibe su nombre. La sustancia fétida es tóxica para las larvas de quironómidos y de otros mosquitos del arrozal. Prolifera en aguas limpias, someras y calizas, aunque también se encuentra en las que contienen abundante materia orgánica en descomposición, contribuyendo a su oxigenación y descontaminación. Suelen preferir los suelos muy alcalinos. Crece preferentemente en zonas con baja densidad de plantas y en los canales de irrigación, pudiendo dificultar un poco la circulación del agua. Vive arraigada en el fondo cenagoso por medio de filamentos radicales de los que surge una especie de tallo, denominado talo, en el que se pueden apreciar nudos y entrenudos. Alrededor de los nudos surgen ramitas verticiladas. Aparecen a las 3-4 semanas de la inundación, cuando las plántulas de arroz ya se han desarrollado lo suficiente para no sufrir perjuicios, extendiéndose rápidamente sobre el suelo del arrozal a modo de césped subacuático, que retiene las semillas y órganos de multiplicación vegetativa de las malas hierbas que arrastra el agua y disminuye la penetración (y por tanto la eficacia) de ciertos tratamientos herbicidas. En general, los daños cau-



Fig. 6.73.- "Asprella"

sados por asprella son pequeños (consume algo de nitrógeno) en relación con los ocasionados por las "costras" y cianofíceas. Al igual que *spyrogyra*, *chara* es un género euritermo.

6.3.- Control

Las algas perjudican al arroz principalmente en estado de plántula. Pasadas las 4-6 semanas después de la siembra los daños son de escasa importancia, ya que el cultivo está arraigado, emergido y robustecido. Aunque se dispone de varios métodos de combatir las algas, su control presenta a veces graves dificultades. Afortunadamente, no todos los años se presentan graves infectaciones, soliendo ser más frecuente la proliferación de algas en parajes cercanos a Puebla del Río que aguas abajo (por ejemplo en Cantarita), donde las aguas son más salobres y menos ricas en materia orgánica, además de proceder de parcelas de arroz ya tratadas.

Un medio natural y frecuentemente empleado consiste en el desagüe o seca del arrozal cuando se observan los primeros síntomas de desarrollo de algas. La desecación y la acción de los

rayos solares permiten contener la proliferación de las algas y favorecer, por otro lado, el enraizamiento de las plántulas. En este sentido, tienen ventaja las variedades que poseen mayor vigor en sus primeras etapas de crecimiento, ya que consiguen emerger con anterioridad. Las variedades Puntal y Guadiamar, por ejemplo, tienen un mayor vigor temprano que Thaibonnet. La duración de la seca suele ser de tres o cuatro días, aunque a veces no es tiempo suficiente para acabar totalmente con las algas. Hay que tener en cuenta que una seca prolongada puede tener efectos contraproducentes, ya descritos en otros capítulos; además, al quitar el agua, las masas de algas flotantes descienden sobre las plántulas envolviéndolas y doblegándolas, corriéndose el riesgo de desarraigo al restablecer la inundación. Las temperaturas altas y la lluvia, aunque pueden favorecer el desarrollo de las algas, acortan el período siembra-emergencia del arroz y ayudan a disgregar las “costras” y masas algosas (“limos”) flotantes. La existencia de un terreno seco antes de la inundación inicial y el acortamiento del período entre la inundación y la siembra priva a las algas de ventajas competitivas con relación al cultivo.

Como medio químico de control actualmente está autorizado el uso limitado de sulfato de cobre (no se permite utilizarlo a dosis superiores a 1 kg/ha de cobre metal, es decir, hasta un máximo de 4 kg/ha de producto al 25%), para evitar problemas de fitotoxicidad y, sobre todo, de contamina-

ción ambiental. Este compuesto cúprico, para ser efectivo, debe ser aplicado temprano y de forma preventiva, antes de que densas masas de algas aparezcan flotando en la superficie del agua. Es frecuente que el arrozero cuelgue en las piqueras de entrada de agua un saco de rafia con sulfato de cobre (“piedra azul” o “piedra lipi”) para que se vaya disolviendo lentamente y de este modo tratar la tabla de arroz. Después de aplicar el producto es conveniente mantener estancada el agua de la parcela durante varias horas (hasta un par de días si la infectación es grave) para que el producto se difunda y disponga de tiempo suficiente para actuar. A veces es necesario repetir estos tratamientos preventivos, ya que la renovación del agua conlleva una evacuación y disminución de la concentración del alguicida. En parcelas grandes este método es menos efectivo ya que es difícil obtener una uniforme distribución del producto. Cuando la infección de algas es reducida y localizada en pequeños rodales, en vez del tratamiento con “piedra” se suele utilizar sulfato de cobre en polvo, esparciéndolo directamente sobre el rodal y manteniendo bajo el nivel de agua. A veces, erróneamente, se aplica demasiado tarde, incluso por medios aéreos, debido a la incertidumbre sobre el umbral de infectación y a su limitado efecto residual. El alguicida es eficaz durante un corto período de tiempo, y para un área cercana a su punto de distribución, ya que acaba precipitando en forma de compuestos insolubles. El sulfato de cobre estimula además la actividad vegetativa del arroz.



Fig. 6.74.- “Seca” para la eliminación de algas



Fig. 6.75.- Golpes de pala contra costra y limos (sólo en casos muy extremos y en áreas reducidas)



Plagas

Plagas

El manejo integrado de plagas, al igual que el de malas hierbas o enfermedades, proporciona una serie de estrategias y métodos encaminados a minimizar las pérdidas que ocasionan los enemigos del arroz, con unos costes para el agricultor y un impacto medioambiental tan bajos como sean posibles.

Los insectos y los crustáceos abundan en el arrozal, que también proporciona un excelente hábitat para las aves acuáticas y algunos roedores. Sólo algunas especies animales atacan a la planta, causándole daños durante determinadas etapas de su desarrollo. Otras, en cambio, son muy beneficiosas, por ejemplo los insectos auxiliares, ya que controlan la excesiva proliferación de las anteriores. La gran mayoría conviven con el arroz y enriquecen el ecosistema.

Los gusanos rojos, los blancos y las tijeretas (antes del ahijado), los pulgones y la rosquilla (durante los meses estivales) así como la pudenta (durante el llenado y maduración del grano) pueden provocar serios daños. También causan perjuicios el cangrejo rojo y ciertas especies de aves. El barrenador, de escasa importancia, no precisa tratamientos químicos y *Chilo suppressalis* es prácticamente inexistente en Andalucía y Extremadura. Más adelante los examinaremos por el orden cronológico con el que normalmente atacan

al arrozal. Cabe destacar que en la zona arrocerá gaditana, probablemente debido a su menor superficie dedicada a este cereal, la incidencia de plagas es algo menor que en la zona sevillana.

Aunque el control de malas hierbas es totalmente indispensable, un buen control de plagas es obligatorio. En los últimos años, aduciendo diversos motivos (principalmente medioambientales), las diversas administraciones (andaluza, española o europea) han restringido con mayor intensidad (e incluso prohibido) la utilización de algunos insecticidas, incluidos los tradicionalmente más eficaces en el arrozal, como malatión o triclorfón. El arrocero probablemente podrá disponer de malatión (producto formulado) a partir de la campaña 2011. Con relación al triclorfón, el problema radica en que a la fecha no existen compañías dispuestas a comercializarlo, aunque, sin duda sería deseable poder utilizar este insecticida de nuevo. Dado que la autorización de nuevos insecticidas sustitutos sigue un ritmo más lento, se corre el riesgo de dejar transitoriamente al agricultor sin los necesarios métodos químicos de control. Por esta razón, es posible que se conceda una moratoria (120 días) de uso de malatión para la campaña de 2010, siendo además probable (y deseable) que esta materia activa pueda volver a utilizarse de la forma tradicional transcurridos dos o tres años. Mayores dificultades presenta el futuro del triclor-

fón. Dada la situación de incertidumbre de ambas materias activas, hemos considerado conveniente incluirlas en los métodos de control expuestos en este libro. Por el mismo motivo mencionamos, para cada plaga, algunos insecticidas con posibilidades de ser autorizados a corto plazo.

1.- Manejo de plagas

En un sistema de producción integrada el manejo de plagas está relacionado no solamente con la planta de arroz, sino también con las prácticas culturales y las condiciones físicas y biológicas del medioambiente. Es necesario identificar la plaga, seguir su evolución y controlarla. En dicho control participan la aplicación de plaguicidas, pero también la realización de adecuadas prácticas culturales, así como la utilización de la lucha biológica e incluso de la lucha genética, mediante el uso de las variedades mejor adaptadas. En el manejo integrado se hace hincapié en la aplicación de métodos preventivos encaminados a reducir los tratamientos químicos.

1.1.- Identificación de la plaga

La identificación de la plaga, bien por la observación del parásito o de los daños que ocasiona, es fundamental antes de llevar a cabo cualquier tratamiento químico, independientemente de las necesarias prácticas culturales orientadas a evitar la proliferación de las especies dañinas. Los métodos de control, incluidos los insecticidas, son específicos de cada plaga, aunque excepcionalmente varias especies cercanas pueden ser tratadas conjuntamente. Algunas deficiencias de elementos nutritivos en el suelo o ciertas fitotoxicidades (derivadas de inadecuadas aplicaciones fitosanitarias) pueden provocar síntomas parecidos a los causados por ciertas plagas y enfermedades. Por ello es necesaria la identificación o diagnóstico de la causa antes de proceder a su tratamiento. En caso de duda es conveniente buscar la ayuda de técnicos especializados. Las fotografías de este manual pretenden facilitar la identificación de las plagas más frecuentes en el sur de España.

1.2.- Seguimiento de la plaga

El seguimiento proporciona la información diaria, semanal o periódica adecuada para predecir y evaluar la incidencia, así como la severidad,

de los ataques. No existen dos parcelas iguales, por lo que su seguimiento debe ser independiente, tomando nota de la evolución de las plagas presentes, estado fenológico y sanitario del arroz, condiciones ambientales, prácticas culturales realizadas y, a ser posible, de cualquier otro factor que pueda afectar al desarrollo de la planta y de sus parásitos, como por ejemplo el nivel de las poblaciones de insectos auxiliares. Se puede limitar el número de visitas si inspeccionamos simultáneamente las malas hierbas, plagas y enfermedades así como posibles deficiencias o toxicidades.

En el seguimiento de una plaga se recomienda la existencia de determinados puntos de muestreo por unidad de superficie, una adecuada forma de muestrear y unos umbrales de tratamiento, que además del número y estado de los individuos de la especie dañina deben tener en cuenta los mencionados condicionamientos fenológicos y ambientales. Sólo si se superan los umbrales es conveniente llevar a cabo los tratamientos químicos. En general, el muestreo se lleva a cabo sobre una o las dos diagonales de la parcela a fin de que sea representativo de las condiciones existentes. A veces es conveniente tomar muestras adicionales en áreas o rodales especialmente afectados.

El tiempo atmosférico, a menudo impredecible, afecta al crecimiento del arroz, al desarrollo de la plaga y a la eficacia de su control. El frío, por ejemplo, retrasa el desarrollo de la planta y la debilita, especialmente en sus primeras etapas, alargando el período de exposición a sus enemigos.

En el caso de cangrejos y vertebrados (aves y roedores) en vez de umbrales numéricos se tiene en cuenta la cuantía del daño, el estado fenológico del arroz, las condiciones climáticas, la distribución de la plaga y la experiencia de años anteriores.

En este libro hemos tenido en cuenta las recomendaciones generales recogidas en el Reglamento Específico de Producción Integrada de Arroz en Andalucía. Es conveniente señalar que la metodología de estimación del riesgo y los umbrales de tratamiento sufrirán modificaciones conforme los progresos de la investigación permitan una mayor precisión.

1.3.- Control de la plaga

Podemos intentar controlar una plaga por métodos genéticos, biológicos, culturales o mediante la aplicación de tratamientos químicos.

1.3.1.- Control genético

En la actualidad existen pocas variedades de arroz con resistencia directa a alguna plaga (parece, por ejemplo, que el híbrido SP-601 posee una mayor tolerancia a pulgón), pero podemos elegir las que poseen características apropiadas para eludir o disminuir, de forma indirecta, la incidencia y severidad de los ataques.

En este sentido las variedades vigorosas, especialmente durante su etapa de plántula, están menos expuestas al ataque de plagas, y las que tienen un ciclo adecuado pueden ahorrarnos tratamientos químicos tardíos. Una buena sanidad general aumenta su tolerancia o, al menos, su capacidad de recuperación. Asimismo, las plantas de poca altura son más vulnerables al ataque de roedores y pájaros, además de a las infecciones de malas hierbas, aunque, en contraposición, suelen resistir mejor el encamado y alcanzan mayores producciones.

En definitiva, la elección de la variedad tiene una influencia clara, pero limitada, sobre el control de plagas.

1.3.2.- Control biológico

El control biológico tampoco tiene hoy día un carácter determinante en el manejo integrado de plagas, aunque probablemente su importancia se incremente en el futuro. Se fundamenta en la existencia de especies predatoras, parásitas o patógenas de las plagas del arroz. Lógicamente es conveniente proteger y potenciar las poblaciones de estos aliados del arroz, principalmente insectos, que para determinadas plagas (especialmente en pulgón) hacen una labor auxiliar de control sin duda apreciable.

Los métodos de confusión sexual, de atracción sexual y de atracción lumínica, que capturan los insectos mediante trampas o polilleros, sólo tienen una reducida utilidad, limitada a detectar la existencia y movilidad de algunas plagas de nuestros arrozales.

1.3.3.- Prácticas culturales

La mayoría de las prácticas culturales pueden ser modificadas o adecuadas con el propósito de evitar o disminuir los ataques y daños de plagas. Ajustes en la fecha y dosis de siembra, en el nivel del agua de riego, la eliminación de las malas hierbas y la quema del rastrojo (que sirven de refugio a ciertas plagas), e incluso, donde sea posible, la rotación de cultivos, son algunos ejemplos de lucha indirecta.

Una correcta fecha de siembra debe combinar el conveniente ritmo de crecimiento inicial de la planta con su floración y maduración en períodos adecuados.

Conocemos la importancia de obtener un número adecuado de panículas por unidad de superficie. De ahí la importancia de partir de una adecuada densidad de plántulas. Buena parte de la semilla empleada en la siembra se pierde a causa de factores climáticos, edáficos y por competencia o daños causados por malas hierbas, plagas y enfermedades. Por tanto, incrementar la dosis de siembra podría darnos mayor margen de pérdidas, pero hay que tener en cuenta que excesivas densidades de plantas traen consigo otros problemas como el aumento del encamado o del ataque de enfermedades como piricularia y esclerotium. En caso de siembras demasiado claras, los umbrales de tratamiento recomendados más adelante tendrían que ser modificados o ajustados.

También conocemos la importancia de disponer de un terreno bien seco antes de proceder a la inundación inicial, así como la de acortar lo máximo posible el período comprendido entre la inundación y la siembra, para no dar ventaja al desarrollo de los enemigos del arroz.

A veces modificar una práctica con el fin de minimizar cierto problema trae consigo el agravamiento de otro. Así, por ejemplo, elevar el nivel de agua con el fin de frenar el desarrollo de *Echinochloa*, además de ralentizar el crecimiento del arroz, favorece la proliferación de las larvas de quironómidos, aunque si la elevación es exagerada se dificulta su control y se encarece el tratamiento al tener que aumentar la dosis de insecticida.

Las malas hierbas sirven de alimento y de refugio a la mayoría de las plagas, que acaban in-

fectando el arrozal. Debemos tratar de eliminar dichas malezas no sólo de la parcela, sino también de los almorrónes, canales, caminos y alrededores de las instalaciones agrícolas.

En el rastreo del arroz se resguardan algunas formas invernantes, principalmente larvas, de determinadas plagas, por lo que su quema disminuye las infectaciones posteriores.

Mediante la rotación de cultivos se pueden disminuir notablemente las poblaciones de la mayoría de las malas hierbas, plagas y enfermedades que infectan el arrozal, al privarlas de las condiciones de la inundación, y dada su menor apetencia por el nuevo cultivo. Con la vuelta del arroz, sin embargo, se recuperan rápidamente sus niveles poblacionales. Dicha rotación sólo es factible en el muy pequeño porcentaje de la superficie arrocera de las Marismas donde los bajos niveles de salinidad lo permiten.

1.3.4.- Plaguicidas

Aunque complementados por los métodos de control anteriormente citados, constituyen frecuentemente la forma más conveniente, y a veces única, de proteger el cultivo. Los plaguicidas deben utilizarse correctamente, cuidando su dosis, forma y momento de aplicación, así como su uniforme distribución, ya que de lo contrario el tratamiento puede dar lugar a un pobre control, provocar fitotoxicidades en la propia parcela y en las vecinas, incrementar la resistencia de las plagas o causar daños a los trabajadores agrícolas o al medio ambiente. En general, cuanto más caldo se emplea mejor se cubre (moja) la planta de arroz con el tratamiento, pero se incrementa su costo, por lo que los aviones no suelen aplicar más de 100 L/ha.

En un sistema de producción integrada los tratamientos químicos deben efectuarse solamente cuando se superan los umbrales establecidos, lo que trae consigo una disminución de su frecuencia y la limitación de las aplicaciones a las parcelas donde realmente son necesarias.

A menudo una plaga, mala hierba o enfermedad, puede ser tratada con diversos pesticidas, basándose su elección en la eficacia, precio, impacto medioambiental y restricciones legales de aplicación. Muchos pesticidas se comercializan en diferentes formulaciones, siendo siempre necesaria-

rio seguir las instrucciones de la etiqueta y las recomendaciones de los técnicos especialistas.

Dentro de cada especie existen algunos individuos o razas con mayor tolerancia a un determinado pesticida. Su aplicación repetida favorece la selección y proliferación de dichos individuos, aumentando progresivamente la tolerancia o resistencia de la población a ese producto. Aunque este fenómeno es muy lento, existen referencias de algunos insecticidas, como el malatión, que han disminuido su eficacia en algunas regiones. En el arrozal andaluz dicha adquisición de resistencia no supone por el momento un serio problema; sin embargo, cuando sea posible, puede ser conveniente cambiar de materia activa a fin de quebrar dicho proceso selectivo.

Si al tratar una plaga destruimos elevadas poblaciones de insectos auxiliares (que ayudan a protegernos de la misma o de otras plagas) se incrementa la probabilidad de un recrudescimiento futuro de sus daños.

Aunque los riesgos de fitotoxicidad son mayores en determinados tratamientos herbicidas, una incorrecta aplicación de plaguicidas puede también afectar al arroz. La fitotoxicidad puede ocasionarse cuando ciertas mezclas de herbicidas y plaguicidas se aplican conjuntamente o no se respeta el recomendado plazo o intervalo de seguridad entre ambos tratamientos.

Es fundamental la correcta aplicación y distribución del producto, evitando su desplazamiento a parcelas vecinas, especialmente en los tratamientos aéreos, cumpliendo las normativas y regulaciones legales sobre zonas de restricción o prohibición de determinados productos.

El viento y las temperaturas extremas, y por tanto la hora de la aplicación, afectan también a la eficacia de los tratamientos químicos. Igualmente el manejo de riego es fundamental, sobre todo para mantener una concentración adecuada del producto en la tabla de arroz durante el tiempo recomendado.

Los pesticidas tienen un carácter residual más o menos acentuado, permaneciendo en el suelo, agua o incluso en el grano por un tiempo determinado antes de su descomposición. En el caso de ciertas aplicaciones próximas a la cosecha es obligado respetar el correspondiente plazo

de seguridad. Los pesticidas están clasificados de acuerdo con su nivel de peligrosidad o toxicidad sobre las personas, la fauna terrestre y la acuícola.

1.3.5.- Labor del Técnico de Producción Integrada

Su actuación es fundamental en el control de las prácticas (obligatorias, prohibidas y recomendadas) recogidas en el Reglamento Específico de Producción Integrada de Arroz en Andalucía. Suele tener asignada una superficie que ronda las 500 ha. Su labor incluye, entre otras actividades, los muestreos de plagas y enfermedades (generalmente con carácter semanal), los avisos de tratamientos fitosanitarios a sus arroceros, llevar al día los correspondientes cuadernos de explotación y auxiliar en las inspecciones que, periódicamente, llevan a cabo la Delegación de Agricultura y la empresa encargada de la Certificación. Su trabajo queda reflejado en una memoria final de campaña.

En el IFAPA-Centro “Las Torres-Tomejil”, dependiente de la Consejería de Agricultura y Pesca, impartimos, con carácter anual, el preceptivo Curso de Formación de Técnicos de Producción Integrada de Arroz, con el que obtienen el correspondiente diploma oficial.

2.- Gusanos rojos y blancos

2.1.- Descripción y biología

Estos dípteros de la familia de los quironómidos son unos insectos muy comunes en el arrozal, que reciben sus nombres por el color de sus larvas. Existen varias especies de gusanos rojos, pertenecientes a los géneros *chironomus* y *ortocladus*. Las diversas especies de gusanos blancos son del género *cricotopus*.

Los adultos son muy parecidos a los mosquitos, alcanzando poco más de 1,5 cm de envergadura por 1 mm de grosor. Su aparato bucal está poco desarrollado, ya que no toman alimento, teniendo el tubo digestivo contraído y vacío. Las patas delanteras son más largas que el resto. Dado que hacen ruido pero no pican, y que los machos exhiben antenas plumosas, suelen denominarse mosquitos zumbadores o mosquitos orejeros.

Pasan el invierno en estado de larva, apareciendo en primavera los adultos de la primera



Fig. 7.1.- Columna de mosquitos de gusano rojo

generación. Los adultos son gregarios y forman enjambres (columnas en el aire), equidistantes y fáciles de observar, que oscilan en los caminos, sobre los almorrones o al borde de las zonas inundadas, emparejándose antes de abandonar la formación.

La hembra prefiere las aguas abiertas, estancadas y claras para efectuar la puesta. Los huevos son depositados en hileras sobre la superficie del agua, manteniéndose juntos mediante una sustancia mucilaginosa que se hincha al entrar en contacto con el agua, tomando el aspecto de una masa protectora y pegajosa. Poco después de la siembra es fácil observar dichas puestas adheridas a los tallos de las plántulas de arroz. Los huevos eclosionan en un par de días. Las puestas de gusano rojo tienen forma de espiral y el tamaño de un grano de arroz, conteniendo de 600 a 1200 huevos. Las puestas de gusano blanco contienen menos huevos que las de gusano rojo.

La duración del período larvario varía en función de la temperatura (algo menos de una semana en los meses de julio y agosto, y alrededor de dos semanas y media en los meses menos cálidos) sucediéndose numerosas generaciones a lo largo del ciclo vegetativo del arroz. Cada larva pasa por cuatro estados (L1, L2, L3 y L4). Las larvas de gusanos rojos deben su color a la hemoglobina de su sangre, la cual les ayuda a vivir en medios poco oxigenados. Giran su cuerpo frecuentemente para incrementar la absorción del oxígeno del agua. Las larvas de los gusanos blancos son blanquecinas, algo parduscas, y ligeramente más pequeñas y delgadas, por lo que pasan más desapercibidas (ataque “silencioso”). Ambos gusanos segregan una sustancia sedosa que pegan a restos de algas y otros detritus para fabricar guaridas en for-



Fig. 7.2.- Macho (antenas plumosas) de chironomus



Fig. 7.3.- Hembra de chironomus



Fig. 7.10.- Gusanos blancos en raíz



Fig. 7.11.- Pupa de gusano blanco y tubito térreo de protección



Fig. 7.4.- Puesta de gusano rojo sobre tallo



Fig. 7.5.- Distintos tamaños de larvas de gusanos rojos



Fig. 7.6.- Pupas de gusano rojo



Fig. 7.7.- Puestas, larvas y pupas de gusano rojo



Fig. 7.8.- Macho (antenas plumosas) y hembra de *Cricotopus* sp.



Fig. 7.9.- Puesta de gusano blanco. Extremo izquierdo mucilaginoso

ma de “tubitos”, fáciles de observar en el fondo del agua o sobre la vegetación sumergida. En caso de fuerte infestación, con la plántula ya desarrollada, dichos tubitos pueden llegar a cubrir grandes áreas del fondo de la tabla de arroz. Los tubitos le sirven adicionalmente como red, con el fin de atrapar algas y restos orgánicos de los que también se alimenta.

Después de su cuarto estado la larva se recubre de un fino envoltorio de seda, provisto de un par de conductos respiratorios, para transformarse en pupa. La pupa se sitúa cerca de la superficie y puede moverse lentamente en el agua mediante contracciones (saltos continuos hacia arriba y abajo). El estado pupal dura apenas 36 horas, incluso menos en condiciones adversas, tras el cual el adulto emerge a través de una hendidura dorsal, emprendiendo el vuelo y quedando los restos del envoltorio (capullo pupal) en la superficie del agua.

La escasez de agua estancada, propia de inviernos secos, es un inconveniente para que la plaga complete su ciclo, lo que conlleva una menor intensidad de los ataques primaverales. En cambio la reutilización del agua de riego puede ocasionar la reinfestación de la tabla de arroz. Las primaveras lluviosas propician la abundancia de estos mosquitos y el consiguiente ataque de sus larvas. La incidencia de quironómidos se incrementa con la temperatura, sobre todo en el caso de los gusanos rojos. Las bajas temperaturas en abril-mayo retrasan y disminuyen los daños, lo que puede ahorrarnos algún tratamiento. En estos años más frescos el gusano blanco ataca más y antes que el rojo. Las siembras tardías aumentan considerablemente la población e intensidad de ataques de larvas. Así pues, la severidad de los daños de am-

Los gusanos está ligada a las condiciones meteorológicas de la primavera, especialmente durante la siembra y la nascencia del arroz. Si cuando realizamos la inundación inicial observamos pocas columnas de estos mosquitos, los ataques de sus larvas serán menores o más tardíos.

2.2.- Daños

Los daños son causados por las larvas, pudiendo ser muy considerables durante el período comprendido entre la germinación del grano y el estado fenológico de 3 hojas (el daño es mayor conforme menor es el tamaño de la plántula). Posteriormente a dicho estado (prácticamente inicio de ahijado) la planta posee suficiente desarrollo para soportar los ataques, de forma que no tienen repercusión económica. Los gusanos rojos, fundamentalmente sus larvas L3 y L4, atacan las raíces de las plántulas, pudiendo llegar a cortarlas. Poseen unos pequeños garfios en su extremo posterior que les facilita su agarre. Las hojas quedan recostadas sobre la superficie del agua, sin fuerza para ponerse erectas. Las plántulas desarraigadas (con buen desarrollo foliar y poca raíz) flotan y son arrastradas por el viento, que las deposita en una orilla de la parcela. Durante la etapa de plántula, el sistema radicular debe tener una longitud similar a la de la parte aérea. Además, las plántulas debilitadas son más propensas al encamado precoz, alargando además su ciclo, lo que las hace más vulnerables al ataque de otras plagas y enfermedades. Todo ello trae consigo una pérdida de rendimiento y calidad del grano en cosecha.

Las larvas de gusano blanco tienen un comportamiento parecido, pudiendo además perforar y



Fig. 7.12.- Daños de quironómidos. Escasa densidad de plántulas. Hojas no erectas



Fig. 7.13.- Los granos y plántulas desarraigados se acumulan en el borde de la tabla

devorar el interior del grano, que queda expuesto a la infección de hongos del suelo, imposibilitando su germinación. Las larvas, dentro o cerca de su tubo protector, pueden llegar a observarse sobre o dentro del grano. El gusano blanco ataca más frecuentemente al grano que el rojo.

Las larvas de quironómidos se pueden alimentar de las hojas del arroz, aunque con poca frecuencia, cortando sus puntas e incluso agujereando el limbo. Estos daños carecen de importancia. Aunque en general es poco frecuente en ambos, es más raro que el gusano rojo ascienda a la parte aérea.

Los quironómidos causan en general menos daños que los pulgones o la pudenta.

2.3.-Seguimiento y control

La subida de la temperatura trae consigo la aparición de los primeros enjambres de quironómidos en el arrozal. Es posible detectar la primera generación observando las pupas o los envoltorios pupales, especialmente si nos situamos en las piqueras de salida de una parcela no tratada.

Cuando la plántula alcanza unos 20 cm es relativamente fácil localizar las puestas, ya que quedan adheridas a sus hojas. En el caso de los gusanos rojos, las larvas L1 son casi transparentes e invisibles, las L2 empiezan a tomar un color rosa-anaranjado. Las L3 son rojizas y las L4 son rojas, siendo ambas fácilmente reconocibles, sobre todo al amanecer. Suelen nadar entre dos aguas o refugiarse en sus tubitos terrosos, igualmente distinguibles.

También pueden observarse y evaluarse a simple vista los daños causados en las raíces o

en el grano. Según el Reglamento Específico de Producción Integrada de Arroz, el umbral de tratamiento se alcanza cuando en el 1% de las raíces se observan daños y/o presencia de larvas.

El método más sencillo para determinar la existencia de larvas consiste en aplicar (a partir de los 4-5 días de la inundación), mediante un pulverizador manual o una botella, un chorreón de malatión diluido (unos 50 ml. de malatión 50% por litro de agua), que por su efecto tensioactivo llega a cubrir una superficie de 1-1,5 m². Transcurridos unos minutos (cuando desaparece el color blanco) se comprueba la posible existencia de larvas muertas en las depresiones del fondo y se realiza su conteo. El malatión debe estar diluido al 10-20%, ya que si se emplea más concentrado el gusano puede morir dentro de su tubito, dificultando

el conteo. Otro método, más engorroso y menos recomendable, consiste en coger barro del fondo con la mano, diluirlo en agua y llevar a cabo el conteo de larvas.

Los criterios y umbrales de tratamiento expuestos en la tabla (Tabla 7.14) están lógicamente sometidos a ligeras modificaciones conforme la investigación y la experiencia aporten nuevos conocimientos.

Los tratamientos químicos se hacen a toda la parcela, normalmente por avión. Excepcionalmente, en parcelas muy pequeñas, se utiliza la mochila. Aún más raro y desaconsejable es realizar una aplicación atravesando la tabla vertiendo el producto sin diluir, mediante una lata con dos orificios en su base, el cual se va extendiendo a modo de mancha de aceite con la ayuda del viento.

Tabla 7.14.- Seguimiento y control de larvas de quironómidos

Período de muestreo	Desde 5 días después de la inundación hasta el inicio de ahijado. Como máximo, cada 4 ó 5 días.		
Unidad muestral primaria	1-2 m ² de parcela inundada donde se aplica un caldo insecticida (malatión diluido) mediante pulverizador manual. Conteo de larvas muertas.		
Número de muestras	4 muestras por parcela de hasta 10 ha. La media de los conteos determina la conveniencia o no de tratar, pero, si se supera claramente el umbral de tratamiento en alguna de las muestras, es conveniente realizarlo.		
Materias activas permitidas P.I.	Malatión* y triclorfón*. <i>Bacillus thuringiensis</i> (var. israelensis)		
Valoración y umbral de tratamiento			
(en función del número de larvas, del estado fenológico del arroz y de los daños en raíces y/o grano)			
Mera presencia (1 ó 2 larvas) realizar tratamiento.	Ataque leve (1-5 larvas) No tratar en el caso de que el arroz vaya bien y no se observen daños en sus raíces	Sólo muy raramente son necesarios los tratamientos cuando el arroz alcanza el estado fenológico de tres hojas, ya que la plántula puede soportar el ataque. A partir del inicio del ahijado no tratar.	
	Ataque medio (5-20 larvas) Realizar tratamiento		
	Ataque intenso (larvas muy numerosas) Realizar tratamiento (debería ser realizado con anterioridad)		
Estados fenológicos	1 hoja	3 hojas	1 hijo
(estado BBCH)	(11)	(13)	(21)

* Pendiente de moratoria o autorización provisional

Las aplicaciones aéreas contra larvas de quironómidos y efídridos suelen realizarse con malatión 50 ó 90% (a la dosis de 3,5 ó 2 l/ha respectivamente) o con triclorfon 50 ó 80% (a la dosis de 3,5 ó 2 kg/ha), o bien con una mezcla de las dos materias activas al 50%, utilizándose de 40 a 50 litros de caldo, no teniendo gran influencia el tamaño de la gota. La altura de la lámina de agua debe ser de unos 5 cm (si la parcela quedase seca el viento solano puede provocar la formación de una costra indeseable). Antes del tratamiento es necesario establecer dicho nivel (dos dedos) e impedir la circulación del agua entre 24 y 48 horas para que la concentración y la eficacia del insecticida sean las correctas. Los vuelos deben efec-



Fig. 7.15.- Tratamiento de quironómidos

tuarse a baja altura y preferentemente antes de las 10 de la mañana, con el fin de disminuir los riesgos de deriva. Algunos aviones van equipados con tecnología GPS, con lo que se evita la necesidad de “señaleros”.

Por término medio se suele aplicar algo menos de un tratamiento por campaña, aunque a veces puede ser necesario un segundo tratamiento (si se alcanza nuevamente el umbral), no so- liendo retrasarse más de 14-18 días del primero. Raramente se lleva a cabo una tercera aplicación, aunque en condiciones extremas (siembras tar-

días y fuerte infestación) alguna parcela ha tenido que sufrir hasta cuatro o cinco aplicaciones. Los tratamientos contra larvas de quironómidos no son preceptivos; es más, con la introducción de las normas de producción integrada han dejado de tratarse muchas parcelas, que algunos años suponen la mitad de la superficie arrocerá andaluza. Gusanos rojos y blancos los hay todos los años pero no todos los años hay que tratarlos. Aunque los dos insecticidas mencionados ejercen un excelente control, quizás malatión sea ligeramente más eficaz. Es conocida la posible aparición de resistencias a ciertos insecticidas cuando se aplican reiteradamente. Por este motivo parece conveniente prevenir o retrasar este fenómeno alternando o combinando el uso de malatión y triclorfón.

Bacillus thuringiensis (var. *israelensis*) es un insecticida biológico que actúa por ingestión, constituido por esporas y cristales de endotoxinas de dicho hongo, con actividad sobre larvas de mosquitos. Las endotoxinas atacan la pared intestinal provocando su inmovilidad y, al cabo de poco más de una hora, la muerte de los gusanos rojos y blancos afectados. Se aplica al inicio del desarrollo de las larvas y de forma repetida (mientras haya peligro sobre el arroz) dado el carácter escalonado de las eclosiones de las puestas de los mosquitos. No se debe mezclar con otros productos fitosanitarios. Existen diversos preparados comerciales (normalmente al 0,6% de materia activa) que suelen aplicarse, por avión, a dosis de 3,5-4.5 l/ha y con 60-80 litros de caldo. En nuestra opinión, la eficacia de este insecticida es significativamente inferior a la ejercida por malatión, no controlando de forma completa la población de larvas. Se están ensayando nuevos productos con este bacilo que alargan la duración de su actividad antes de ser degradado por la luz solar, con el fin de elevar su eficacia.

Es conocida la importancia de acortar lo máximo posible el período comprendido entre la inundación inicial y la siembra, a fin de no dar ventaja al desarrollo de la plaga respecto al de la planta. Por otro lado, la decisión de desaguar temporalmente la parcela debe ser tomada cuidadosamente, dado que el incremento en el desarrollo de las malas hierbas, de las pérdidas de nitrógeno y de la susceptibilidad al desarraigo de la plántula (sobre todo si se alarga el período de seca) pue-

den contrarrestar los beneficios de la disminución de la población de larvas de quironómidos que la seca trae consigo. La resiembra, motivada por una elevada pérdida de plántulas, implica resultados productivos inciertos, disminuyendo sus probabilidades de éxito conforme se retrasa su ejecución respecto a la fecha de siembra original.

Dada la escasez de insecticidas disponibles para el agricultor, vamos a citar algunos que, aunque su uso actualmente no está autorizado, probablemente puedan utilizarse en próximas campañas. Destacamos spinosad 48% (spintor 480 SC), que actúa por contacto e ingestión y ejerce un excelente control sobre las larvas de quironómidos. El spinosad se aplica a dosis que rondan los 125 cm³/ha. Spintor ejerce un control de quironómidos tan eficaz como malatión. Se estima que tardará dos o tres años en comercializarse.

La materia activa etofenprox 30% (varios productos comerciales) está permitida en otras zonas arroceras españolas (se aplica a dosis de 0,8-2 l/ha); sin embargo, su autorización está en la actualidad suspendida en el arrozal andaluz, a causa de posibles daños a la población de cangrejo rojo. Lógicamente, cualquier posible nuevo producto debe ser probado en nuestras condiciones de cultivo, a fin de incrementar nuestros conocimientos sobre su grado de eficacia, su modo de aplicación y su posible impacto sobre la fauna acuícola.

De forma resumida, estimamos que con spinosad (que es específico contra quironómidos) y con malatión podríamos ejercer un buen control de gusanos rojos, blancos y tijeretas.

3.-Tijeretas

3.1.- Descripción y biología

Las tijeretas son las pupas de una especie de mosca, denominada *Ephydra riparia*, de la familia de los efídridos, que pertenece al orden dípteros de los insectos.

Los adultos son moscas de color negro y de unos 6 mm de longitud. Su par de alas están plegadas, no separadas como en el caso de la mosca común. Son gregarias, apareciendo amontonadas sobre restos de vegetación, algas y también sobre las plántulas de arroz, a las que llegan a doblar y sumergir a causa de su peso, impidiendo



Fig. 7.16.-Adulto de tijereta

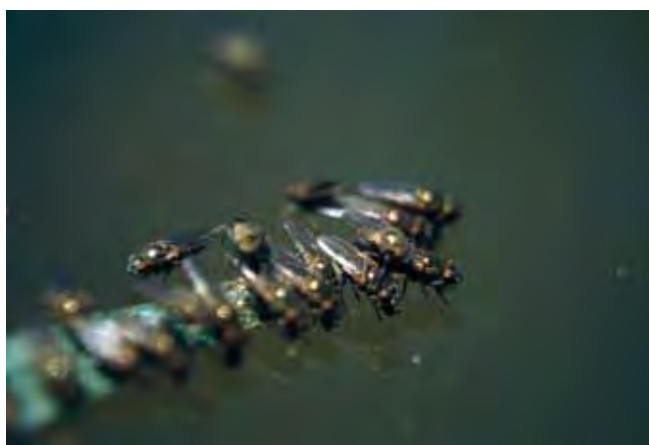


Fig. 7.17.- En casos extremos las moscas causan pequeños daños al sumergir las hojas en el agua

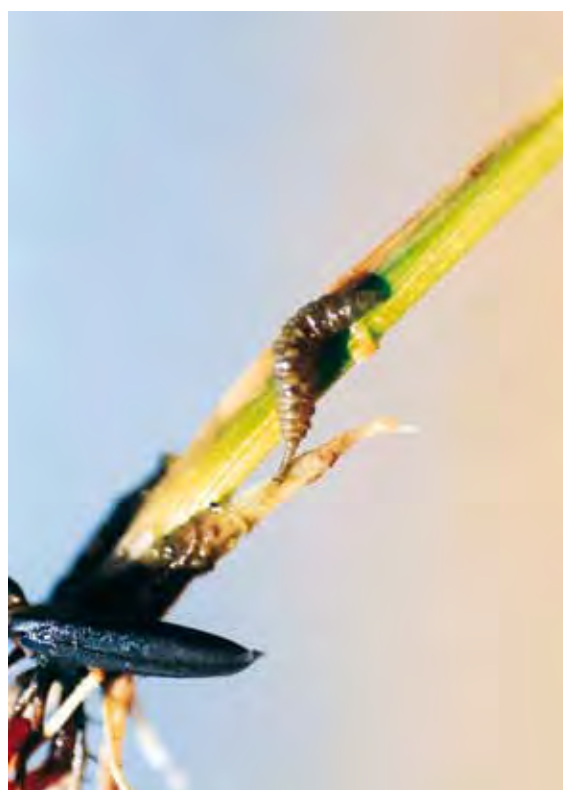


Fig. 7.18.- Larva de tijereta buscando fijación para pupar



Fig. 7.19.- Pupa en raíz. Se impide la circulación de la savia

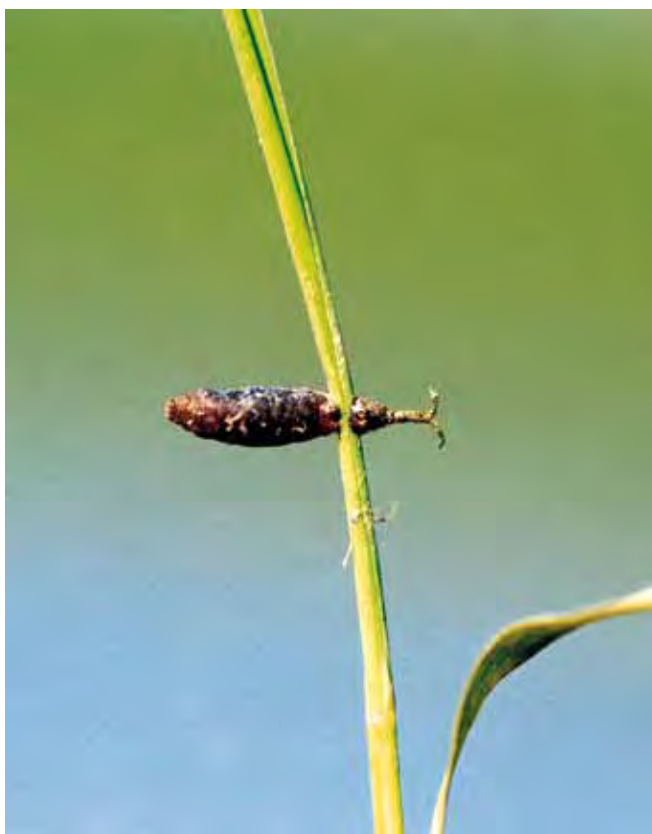


Fig. 7.20.- El ataque a hojas es mucho menos frecuente

do su normal desarrollo, aunque este daño es muy pequeño. Es muy corriente observarlas sobre los restos de materia orgánica (por ejemplo, en parcelas donde se ha aplicado compost). No forman columnas como en el caso de los quironómidos, pero al igual que ellos comienzan a realizar la puesta al inundarse la parcela, aunque de forma más escalonada. Prefieren las orillas de la tabla, con menos corriente y abundancia de restos de materia orgánica, y los rincones con mal olor. La mosca de la tijereta puede deslizarse sobre la superficie del agua. La puesta consiste en numerosos huevos aislados depositados en las hojas.

Las larvas son de color gris sucio, con débiles reflejos metálicos. Vistas por detrás recuerdan a un tablero de ajedrez, debido a las protuberancias de sus segmentos, alcanzando una longitud de hasta 9 mm, intermedia entre la del gusano rojo y la del blanco. Son más gruesas que las de los gusanos rojos y blancos. Se pueden observar bien, a simple vista, sobre el fondo de la tabla, no siendo necesario el uso de malatión diluido para su conteo, como en el caso de los quironómidos. Son saprófagas, es decir, se alimentan de materia orgánica muerta.

Al comenzar la fase de pupa se fijan a cualquier soporte, engrosan y se tornan de color amarillento, cada vez más oscuro conforme se aproxima la salida del adulto. Tanto la fase de larva como la de pupa se desarrollan enteramente en el agua. El período de pupa dura de 2 a 5 días, dependiendo de la temperatura. La tijereta debe su nombre a un gran apéndice duro, bifurcado y prensil, formado por sus tres últimos segmentos, con el que se fija (a modo de garfio) a las raicillas del arroz, pudiéndolas estrangular en casos extremos, siempre que no alcancen un determinado grosor. Por este motivo algunos agricultores también la llaman "garrapata". Las pupas son más voluminosas que las larvas y, por tanto, fácilmente visibles, bien fijadas en las raíces o bien en las hojas y tallos de las plántulas de arroz.

3.2.-Daños

Las larvas no atacan al arroz. Los daños ocurren sólo durante el período de pupación. Los mencionados estrangulamientos dificultan la circulación de la savia e incomodan el normal desarrollo de la plántula. Cuando una gran cantidad de

pupas se fijan en las raicillas ejercen también un efecto desarraigante (tras la salida de los adultos las pupas quedan “vacías” y se comportan como “flotadores”). A partir de 3-4 pupas vacías por plántula se empieza a notar dicho efecto (en algunos casos extremos se han contabilizado cerca de 50 pupas). El daño por desarraigue es más destacable que el causado por estrangulamiento, considerándose este último de escasa importancia.

Las tijeretas son menos dañinas que los gusanos rojos y blancos. No todos los años se dan ataques, como en el caso de los quironómidos. Además, su período de ataque es un poco más corto, ya que empieza algo más tarde, y con 3 hojas la planta también puede ya soportarlo. En las últimas campañas ha habido poca incidencia de esta plaga. Los tratamientos contra gusano rojo controlan también la tijereta, siendo ésta otra razón por la que se considera una plaga de poca importancia.

3.3.- Seguimiento y control

El ciclo biológico de los quironómidos y de los efídridos es parecido, por lo que al tratar las larvas de gusanos rojos y blancos eliminamos también las larvas de tijereta, siendo poco frecuente aplicar tratamientos específicos contra esta plaga. Tijereta se debe controlar en su estado larvario para evitar su paso al estado de pupa. Las aplicaciones de triclorfón (con excelente eficacia), así como las de malatión, controlan satisfactoriamente sus poblaciones.

Aunque no es usual, se podría llevar a cabo un conteo de larvas, utilizando el método de pulverización de malatión diluido descrito. En nuestra opinión el umbral de tratamiento no está establecido de forma precisa en el Reglamento, debiendo quizás elevarse hasta un promedio de al menos 5-20 larvas por muestra. Después del estado fenológico de tres hojas no son necesarios los tratamientos químicos.

Excepcionalmente se pueden realizar tratamientos contra los adultos (las moscas), ya que posadas en grandes cantidades sobre las hojas de la plántula pueden sumergirla e incluso provocar su muerte, aunque estos daños generalmente revisten escasa importancia.

Dado que los ataques de tijereta son algo más tardíos que los de quironómidos, puede considerarse algo más “factible” dar una “seca” a la tabla de arroz, como método secundario de control (ya que las plántulas estarían relativamente más arraigadas), pero siempre teniendo en cuenta las limitaciones e inconvenientes, comentadas en otros capítulos, que trae consigo dicha práctica de cultivo. Las mismas medidas preventivas descritas para luchar contra los gusanos blancos y rojos son válidas contra las tijeretas.

4.- Rosquillas

4.1.-Descripción y biología

En el cultivo de arroz se conoce como rosquilla a la oruga (larva de lepidóptero) de *Mythimna unipuncta* (rosquilla del arroz). Es una plaga fácil de observar en los arrozales andaluces y extremeños. Otra oruga, también polífaga, denominada *Spodoptera littoralis* (rosquilla negra) ataca frecuentemente al arrozal. De mucha menor importancia son los ataques de *Laphygna exigua* (gardama) y *Pieris brassicae* (oruga de la col). Las cuatro especies son lepidópteros de la familia de los noctúidos, dado que sus mariposas suelen permanecer ocultas durante el día y emprender sus vuelos al atardecer.

Las rosquillas suelen desplazarse desde otros cultivos y malas hierbas hasta el arrozal, devorando sus partes aéreas. *Mythimna* es propia



Fig. 7.21.- Adulto de *Mythimna unipuncta*

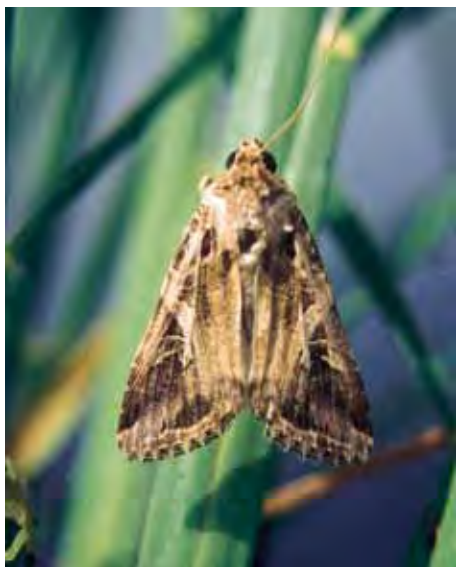


Fig. 7.22.- Adulto de *Spodoptera litoralis*



Fig. 7.23.- Oruga de *S. litoralis* sobre *ammannia*

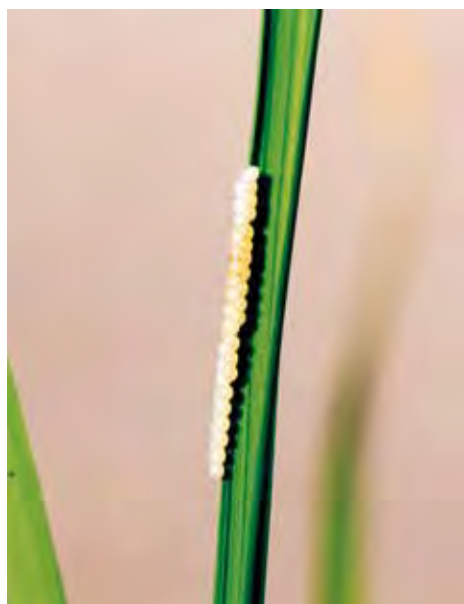


Fig. 7.24.- Puesta de *mythemna*. Se ha desenrollado la hoja para su observación

del arroz y de las equinocloas. En cambio, los ataques intensos de *spodoptera* suelen ir asociados a infestaciones elevadas de diversas especies de malas hierbas. *Pieris* sólo se presenta cada varios años, siendo los ataques de *laphigma* aún más raros (ambas especies se detectan con mayor facilidad en los márgenes del arrozal). En general, si existen malas hierbas en los márgenes hay más rosquillas, pues tienen apetencia por las colas y otras especies arvenses. Cuando se secan las malas hierbas las rosquillas pasan al arrozal.

Los adultos de *mythemna* son mariposas (polillas) de unos 4 cm de envergadura, de color ocre, poco vistosas, con un distintivo punto blanco, subrayado en negro, en cada una de sus alas anteriores. Las alas posteriores son blanquecinas.

En junio las hembras suelen realizar las puestas (unos 20 huevos, normalmente en un par de hileras, a veces en una) sobre el envés de las hojas de arroz, protegiéndolas bien bajo la vaina o bien en el interior de un limbo, al que doblan. Parece ser que cada variedad de arroz tiene un determinado período, de unas tres semanas, durante el cual es más receptiva para la puesta. En las zonas donde se cultivan variedades de distinto ciclo la plaga disfruta de mayor tiempo para depositar los huevos.

Las orugas se refugian en la parte inferior de la planta ("tocones") durante el día, cerca del agua, por lo que son difíciles de ver, iniciando su actividad al atardecer y durante la noche. Son capaces de nadar para trasladarse a otras plantas, aunque mientras exista vegetación en una parcela no se desplazan a otra. Llegan a alcanzar 4-5 cm de longitud, completando su desarrollo en unos



Fig. 7.25.- *Mythemna*. Oruga de color claro



Fig. 7.26.- Color más frecuente de *mythimna*



Fig. 7.27.- Crisálida de *mythimna*

25-30 días, pasando a formar la crisálida (capullo) que sitúan normalmente entre el tallo y la vaina de las hojas más cercanas al agua.

Tras esta primera generación en el arrozal, a cuyas jóvenes larvas (a primeros de julio) a menudo es necesario controlar, suele completarse una segunda (e incluso una tercera generación), que tiene una menor incidencia e importancia para el cultivo, al que en parte abandonan, aunque su presencia puede advertirse hasta casi la recolección.

Las rosquillas pasan el invierno enterradas, en estado de crisálida o de oruga. Antes de invadir al arroz completan al menos una generación sobre plantas adventicias u otros cultivos. Las puestas en malas hierbas son también difíciles de detectar.

4.2.- Daños

Los daños causados por la rosquilla son muy característicos. Las orugas devoran las hojas, comenzando a unos 2 ó 3 cm del ápice y continuando hacia abajo, soliendo respetar la nerviación lateral. Si el ataque es leve el área foliar dañada se recupera en pocos días. En casos extremos, muy poco frecuentes, la planta queda reducida a simples tocones (según algunos investigadores californianos, cuando a las dos o tres semanas antes del espigado la defoliación es superior al 25%, las pérdidas de cosecha serán significativas). Las mordeduras de las otras tres especies de orugas defoladoras son más pequeñas, respetando a veces la epidermis o limitándose a causar perforaciones en la hoja.

Los primeros síntomas se suelen observar a finales de junio (en pleno ahijamiento) en los márgenes de la tabla, en planteras, en rodales con excesiva densidad de plantas o infectados de *echinocloa*, o sencillamente donde el arroz está



Fig. 7.28.- Daños graves de *mythimna*



Fig. 7.29.- Daños de *mythimna*

Tabla 7.30.- Seguimiento y control de rosquilla.

Período de muestreo	Desde final de junio hasta mediados de septiembre	
Unidad muestral primaria	Lo más práctico es hacer un itinerario por la parcela observando plantas, orugas y daños	
Umbral de tratamiento (generalmente los ataques comienzan por los márgenes de la parcela)	Márgenes (aprox. 4m)	4-5 % de las plantas con presencia de daños y/o orugas. Tratar. No esperar
	Interior de la parcela	4-5 % de las plantas con presencia de daños y/o orugas. Realizar tratamiento.
Materias activas permitidas P.I.	Triclorfón*, Malation*, Tebufenocida y <i>Bacillus thuringiensis</i> (var. kurstaki).	
Insectos auxiliares	<i>Apanteles</i> sp.	

* Pendiente de moratoria o autorización provisional

más receptivo para la puesta. Si se sacuden las plantas afectadas las rosquillas caen al agua. Durante el espigado las orugas manifiestan una gran voracidad pudiendo atacar también a espiguillas aisladas, que acaban blancas y vanas, aunque no logran secar toda la panícula. Los mayores ataques se dan en julio y agosto, prolongándose incluso hasta el estado fenológico de grano lechoso.

4.3.- Seguimiento y control

La rosquilla se desplaza generalmente desde fuera hacia adentro de la parcela, no siendo necesario, a veces, tratar toda su superficie sino simplemente los márgenes (4-6 m), mediante mochila. De igual forma puede convenir controlar solamente algún foco, con el fin de evitar la extensión de la plaga.



Fig. 7.31.- Tratamiento de márgenes contra rosquilla

Un síntoma de posible existencia de rosquillas en el arrozal es la presencia de bandos de “espulgabueyes” (garcillas) y cigüeñas, especialmente en las lindes de la tabla. Dichas aves también comen otros insectos, además de caracoles, ranas y cangrejos, provocando rotura de plantas y desgrane de panículas en su deambular en busca de alimento.



Fig. 7.32.- Tratamiento aéreo contra rosquilla



Fig. 7.33.- Trampa de feromonas

Si el borde dañado (comido) de la hoja es de color verde el ataque es reciente, en cambio si es amarillo viejo (borde seco) el ataque ocurrió hace días. Si no hay hojas recientemente dañadas no es necesario tratar, por esta razón se recomienda que los conteos sean muy frecuentes (casi diarios). Si los daños son “frescos” conviene tratar aunque no se vean larvas. Así pues, al hablar de daños se sobreentiende “daños nuevos o recientes”. Además, por supuesto, de alcanzarse el umbral de tratamiento, otro criterio a la hora de decidir aplicar insecticida es comprobar que la plaga (sus daños) va en aumento, no precipitándonos en su control químico.

El momento óptimo de tratamiento tiene lugar cuando las orugas son pequeñas, estado en que son más voraces y vulnerables a los insecticidas. Las rosquillas grandes y sus crisálidas son menos sensibles. Si se alcanzara el umbral de tratamiento, pero existiera un elevado porcentaje de orugas grandes, podría convenir demorarlo hasta que la mayoría fuesen de menor tamaño. Spodoptera es algo más difícil de controlar que mythimna, siendo aún más recomendable aplicar el tratamiento antes de que sus larvas alcancen estados avanzados de desarrollo.

A veces el tratamiento de pulgón puede servir también contra rosquilla, o se puede realizar (a propósito) una aplicación para controlar simultáneamente (conjuntamente) ambas plagas. La segunda generación de rosquilla, menos dañina que la primera, se la suele llevar el tratamiento de pudenta.

No siempre es necesario dar un tratamiento específico contra rosquilla. Lo más frecuente es tratar, al menos una vez, bien contra rosquilla (desde mediados de junio hasta finales de agosto) o bien contra pudenta (a partir del estado fenológico de grano lechoso hasta 10 días antes de la recolección). Para combatir ambas plagas se utiliza triclorfón 50 ó 80%, a la dosis de 3,5 ó 2 kg/ha respectivamente, aplicándose con avión con 40-60 litros de volumen de caldo por hectárea. El triclorfón es más eficaz contra la rosquilla que el malatión (no olvidemos la problemática actual sobre la utilización de ambos productos). Si se utilizara propanil en algún tratamiento herbicida deberá respetarse un plazo de seguridad de al menos quince días para la aplicación de un insecticida

organofosforado (como malatión y triclorfón) con el fin de evitar la fitotoxicidad causada por su presencia simultánea en el arroz. En dicho período la planta tiene tiempo de metabolizar e inactivar el propanil.

Existe la posibilidad de utilizar *Bacillus thuringiensis* 32% (var. Kurstaki), que es un insecticida biológico (existen varios productos comerciales) compuesto por sus esporas y endotoxinas, que al ser ingeridas por las rosquillas les provocan la muerte. No se debe mezclar con otros productos fitosanitarios. Se aplica, por avión, a dosis de 0,8-1 kg/ha en 60-80 litros de caldo (el seguimiento de la plaga se lleva a cabo desde finales de junio hasta finales de agosto). A nuestro parecer, estimamos que su grado de control es inferior al ejercido por triclorfón e incluso por malatión (que además son productos relativamente baratos), aunque, por otro lado, van obteniéndose nuevos preparados biológicos que incrementan su eficacia.

Recientemente se ha autorizado el uso del tebufenocida (Confirm) para el control de rosquilla en el arroz. En nuestra opinión, la tebufenocida ejerce muy buen control de rosquilla. Confirm se aplica en dosis que rondan los 0,6 l/ha, en 80 litros de caldo. A los 3-4 días puede constatarse su alto grado de eficacia. Se aconseja aplicar el producto en los primeros estadios de crecimiento de la oruga (L1 y L2), cuando es más sensible a este insecticida. Al igual que con bacillus, este producto necesita ser ingerido por la larva para ser efectivo.

Con escasa frecuencia, entre junio y agosto, se instalan trampas cebadas de feromonas (hormonas sexuales) que atraen a los machos con el fin de conocer el momento de la invasión inicial (además de mythimna se atrapa spodoptera). Con la evolución de las capturas se podrían trazar curvas de vuelo, pero se han mostrado poco fiables. El uso de estos “polilleros” (como los que las capturan de noche, mediante trampas de luz) es de reducido interés.

Como medidas preventivas o de control indirecto se recomienda evitar la infectación de malas hierbas apetecibles para esta plaga y la protección de insectos auxiliares (enemigos naturales de las rosquillas) entre los que destacan diversas especies del género apanteles, aunque, en la ac-

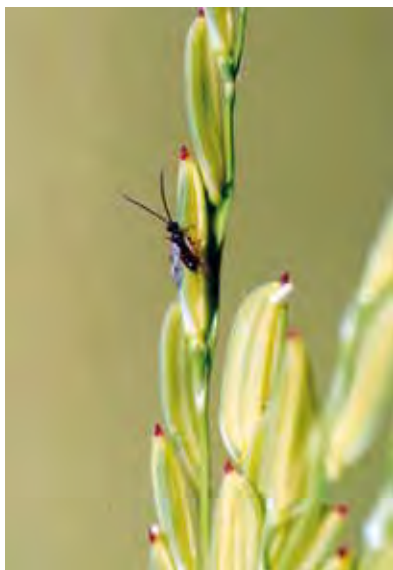


Fig. 7.34.- *Apanteles militaris* es una avispa que actúa como insecto auxiliar parasitando a las larvas de *mythimna*



Fig. 7.35.- *Mythimna unipuncta* parasitada por apanteles, que deposita sus huevos (alrededor de treinta) en el interior de la oruga



Fig. 7.36.- Las larvas de apanteles salen del interior de la larva de *mythimna* para pupar, formando masas blanquecinas, sobre el arroz y otras gramíneas



Fig. 7.37.- Otras avispias, menos frecuentes, del género *hyposoter*, depositan un huevo dentro de la larva de rosquilla. La larva pupa formando un capullo moteado, frecuentemente adherido a la piel de la rosquilla parasitada

tualidad, la lucha biológica contra la rosquilla tiene una eficacia muy limitada.

5.- Pudenta

5.1.-Descripción y biología

Con el nombre de pudenta se denominan las especies *Eysarcoris inconspicuus* y *Eysarcoris*

perlatus, las cuales causan daños a los arrozales andaluces y extremeños. En las restantes zonas arroceras españolas su escasa presencia no alcanza la consideración de plaga, debido en parte a los efectos colaterales sobre su control causados por los frecuentes tratamientos contra *Chilo suppressalis*.

La pudenta es un insecto perteneciente a la familia de los pentatómidos, incluida en el orden de los hemípteros (suborden heterópteros). De la misma familia son la chinche del trigo (*Aelia rostrata*) y la chinche verde de la huerta (*Nezara viridula*), que esporádicamente se encuentran en el arrozal.

Los adultos de *E. inconspicuus* miden 5-6 mm. de longitud y 3,5-4 mm. de anchura. *E. perlatus* es algo más pequeña (4-5 mm. de largo por 3-3,5 de ancho), algo más rojiza y mucho menos frecuente.

Tienen forma hexagonal, como de escudo. Recién terminada la muda los adultos son de color rosa pálido, pero al cabo de unas horas adquieren su típica coloración parda o pardo-oscura, aunque algunos ejemplares son pardo-rojizos.

Poseen tres pares de patas. En la parte ventral del adulto y de las ninfas, cerca del segundo par, se encuentran unas glándulas odoríferas que segregan una sustancia maloliente, especialmente cuando se hostiga o aplasta al insecto, que

Fotos: Cortesía de José Manuel García Cano

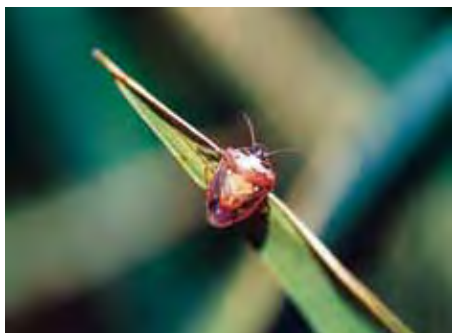


Fig. 7.38.- Adulto de pudenta (macho)



Fig. 7.39.- Cópula de pudentas



Fig. 7.40.- Puesta de pudenta (en este caso los huevos no están dispuestos al tresbolillo)



Fig. 7.41.- Eclosión de huevos y larvas L1



Fig. 7.42.- Larva de segunda edad (L2)



Fig. 7.43.- Larva de tercera edad (L3)



Fig. 7.44.- Ninfa N1



Fig. 7.45.- Ninfa N2



Fig. 7.46.- Puesta de pudenta en castañuela

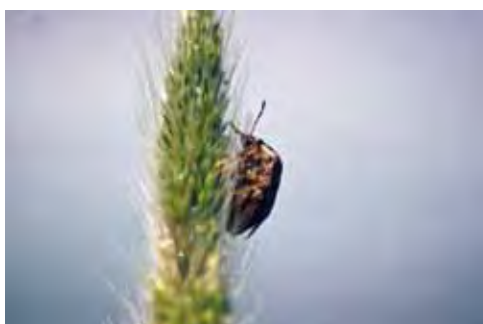


Fig. 7.47.- Pudenta en rabo de gato

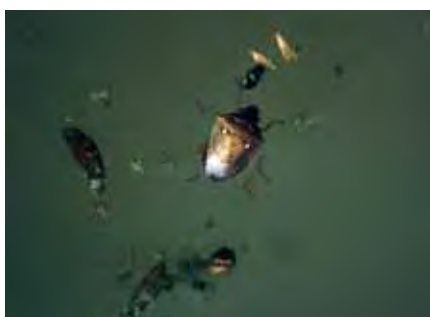


Fig. 7.48.- Pudenta nadando. Se aprecian pupas de tijereta y espiguillas de rabo de gato

en algunos lugares apodan chinche fétida o he-dionda.

Disponen de dos pares de alas desiguales. Las posteriores, más cortas, anchas y totalmente membranosas, están recubiertas por las anteriores, que tienen su mitad basilar (delantera) endu-recida por quitina, y la otra mitad membranosa.

El aparato bucal se ha transformado en un pico o estilete con función perforadora-chupadora. Es de unos 3 mm de longitud y está provisto de dos finísimos canales, fluyendo por uno la saliva y succionando por el otro los jugos de la planta, de los que se alimenta. Cuando no está en uso se encuentra plegado entre las patas. La saliva contiene toxinas y fermentos que ablandan la epider-mis de la planta, favoreciendo la penetración del estilete y produciendo un efecto licuante sobre los tejidos vegetales.

El dimorfismo sexual es poco acusado, aunque la hembra suele ser algo mayor que el macho, dando la impresión de ser más alargada. Su abdomen es redondeado, mientras que el macho lo tiene truncado, pudiéndose distinguir ambos sexos con ayuda de una lupa.

La hembra realiza escalonadamente sus puestas sobre los órganos aéreos (principalmente las hojas) de las malas hierbas gramíneas y de las plantas de arroz, quedando los huevos unidos normalmente en dos líneas paralelas, con una disposición al tresbolillo. El número de huevos por puesta oscila entre 10 y 20, avivando en 5-7 días (suele colocarlos en tres sitios, con un total, por tanto, de unos 50 huevos por puesta). Tienen forma de tonel, de 1 mm de alto por 0,8 mm de diámetro, de color amarillo claro o blanco pajizo, pero adquieren una tonalidad más oscura conforme avanza el período de incubación. En su parte superior terminan en una especie de tapadera que se levanta con el empuje de la joven larva al salir. Cuando se aproxima la eclosión los huevos presentan un color negro intenso.

Antes de llegar a adulto la larva pasa por cinco estados, mudando su piel, forma y coloración. En los dos últimos estados larvarios el insecto dispone de alas rudimentarias, no funcionales, por lo que se denominan ninfas. Por orden secuencial, existen larvas de primer estado, de segundo y tercero (L1, L2 y L3), ninfas N1, ninfas N2 y finalmente adultos (también llamados imagos).

En el quinto estado (N2) el aspecto es muy parecido al del adulto, pudiéndose incluso distinguir los sexos. En esta fase las ninfas se hinchan, ralentizando sus movimientos hasta inmovilizarse, para transformarse en adultos. Desde la eclosión del huevo hasta su transformación en adulto (el paso a través de los cinco estados descritos) transcurren entre 15 y 23 días, dependiendo de la alimentación disponible y de las condiciones ambientales, especialmente de la temperatura.

Se trata de un insecto migratorio. La emigración tiene lugar desde finales de septiembre hasta mediados de noviembre, según los adultos van adquiriendo las reservas necesarias para pasar el letargo invernal, período durante el que prácticamente no se alimentan. Vuelan con dicho motivo hacia las zonas incultas de los alrededores de los arrozales (se supone que en buena parte se dirigen al Parque de Doñana), escondiéndose en las grietas del suelo, debajo de la corteza de los árboles y, sobre todo, en los matorrales, a la espera de la próxima primavera para repetir el ciclo. Los insectos más tardíos o débiles permanecen en las cercanías del arrozal, pereciendo la mayoría.

A finales de abril o primeros de mayo, tras seis meses de letargo o dormición, los adultos salen de sus refugios y buscan las gramíneas de sus alrededores para saciar el hambre, apareándose posteriormente y depositando las puestas sobre las hojas de las plantas próximas a florecer, con el fin de que sus larvas encuentren alimento con facilidad.

Suele tener 4 ó 5 generaciones al año, completándose las 2 primeras sobre gramíneas y ciperáceas silvestres. Posteriormente atacan al arrozal, donde suelen tener otras dos generaciones. En algunos años puede desarrollarse una quinta generación, también en el arroz, si la primavera es temprana y cálida (lo que adelanta la invasión) y se retrasan los fríos otoñales. Dado que la invasión es escalonada, podemos encontrar simultáneamente huevos, larvas, ninfas y adultos en el interior de la parcela.

Desde junio podemos observarlas alimentándose de los granos de malas hierbas, principalmente de grama, colas, rabo de gato, leptochloa, castañuela e incluso junquillo. Dichas hierbas existen en las cercanías, lindes e incluso en el interior del cultivo, convirtiéndose en focos de infec-

ción. Es decir, en una primera etapa se alimentan de las malas hierbas y se reproducen para, posteriormente, atacar al arroz, invadiendo primeramente los márgenes (5-10 m de anchura) de las tablas, especialmente en las que el cultivo se encuentra en un estado fenológico más avanzado. Finalmente los adultos penetran en el interior de la parcela. Pudenta aparece en el arroz a finales del ahijado, pero los daños importantes tienen lugar desde grano lechoso hasta cosecha (sobretudo en grano lechoso y pastoso; en grano duro también ocasiona algún daño, aunque 10-15 días antes de la cosecha deben reglamentariamente cesar los tratamientos).

El adulto es buen nadador, incluso puede resistir cortas inmersiones, pero prefiere no estar lejos de la tierra firme. Evita volar, emprendiendo vuelos cortos sólo si se le acosa, exceptuando lógicamente los vuelos migratorios. En las horas de fuerte calor los insectos se refugian a la sombra, en las partes bajas de la planta.

5.2.- Daños

Los daños los provoca al perforar la cascarrilla con su estilete, variando sus consecuencias según sea el grado de maduración del grano. Si el ataque se produce en estado lechoso, los granos cosechados serán deformes y de menor peso. Si tiene lugar en estado pastoso las deformaciones serán menos perceptibles. En ambos casos, la merma de cosecha será pequeña. Por otro lado, los daños son insignificantes si el insecto pica en el pedicelo (pedúnculo) del grano.

Si el ataque ocurre en estado de grano pastoso-duro o maduro, tras el proceso de elaboración aparecerá la mancha típica de grano elaborado picado, vulgarmente conocida como "ojo de perdiz". Se trata de una pequeña lesión (depresión) esférica, de 0,2-0,3 mm, en la que se desarrollan hongos saprofitos, los cuales originan una coloración amarilla o pardusca, con contorno oscuro, observable a simple vista en los granos descascarados. Esta infección y coloración se desarrolla más intensamente con alta humedad ambiental. Aunque este tipo de lesión no afecta al rendimiento en grano, sí lo hace al rendimiento industrial, disminuyendo el rendimiento en enteros, y, sobre todo, afectando a la estética, sanidad y calidad del grano elaborado, obligando a la

separación de los granos picados o a apurar su blanqueo durante el proceso de molinería (con el consiguiente incremento de costes y reducción de los rendimientos industriales). Son estos defectos comerciales los perjuicios más importantes provocados por pudenta. Aunque ataca algo más a las variedades japónicas que a las de tipo índica, el "ojo de perdiz" provoca, por el contrario, más roturas en las de grano largo.

Los daños son causados principalmente por las ninfas N4 y N5 y por los adultos. Las larvas succionan la savia y raramente atacan al grano.

En resumen, para un buen control de pudenta sería deseable poder volver a contar con malatión, y que alguna entidad comercializara de nuevo el triclorfón.

5.3.- Seguimiento y control

Es evidente que no es posible realizar tratamientos contra pudenta en sus lugares de hibernación. En primavera y principios de verano este

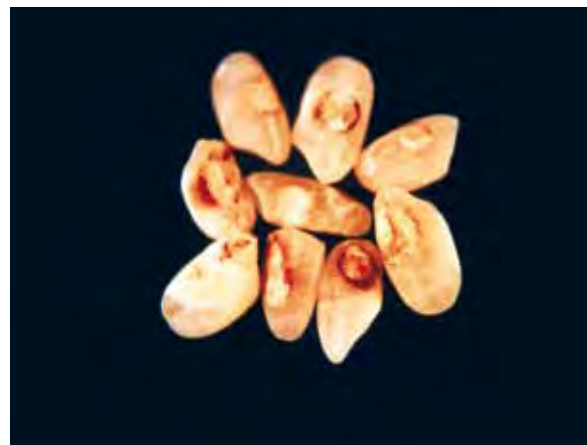


Fig. 7.49.- Daños graves de pudenta en grano de arroz. "Ojo de perdiz"

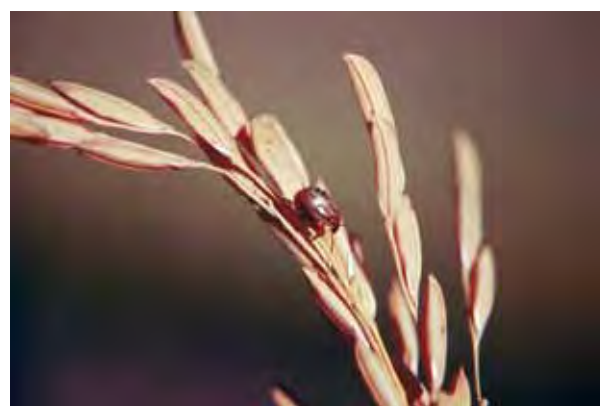


Fig. 7.50.- Si pica en el pedúnculo del grano, el daño será pequeño

insecto invade y se reproduce sobre malas hierbas gramíneas, ya granadas, que vegetan en los canales, lindes, almorroneos e incluso en el interior de las parcelas de arroz infectadas de estas malezas. Aunque el arroz se encuentre todavía en estado de encañado puede convenir realizar un tratamiento contra las poblaciones de pudenta que rodean al arrozal e incluso aplicar insecticidas en parcelas determinadas (las muy infectadas de malas hierbas y de estos insectos). Se pretende evitar la multiplicación de la plaga, que de otro modo acabaría atacando, con gran intensidad, a los futuros granos de arroz. Es aconsejable esperar a que la densidad de insectos sea elevada a fin de que la aplicación les cause gran mortandad. Los tratamientos de almorroneos y cercanías de la tabla pueden extenderse a amplias zonas o parajes (mediante aplicaciones aéreas colectivas) o bien quedar limitados a pequeñas áreas donde la población de pudenta sobre malas hierbas puede controlarse por medios terrestres (tractor o mochila). No se dispone de información precisa del umbral de tratamiento de pudenta sobre malas hierbas, aunque estimamos que debe ser al menos 4 ó 5 veces superior al recomendado para su control en el arrozal, el cual se lleva a cabo durante la fase de llenado y maduración del grano.

Es frecuente encontrar tablas con el cultivo en estado fenológico de grano lechoso mientras que en la mayoría de las parcelas vecinas aún no ha espigado. Las tablas "más adelantadas" es-



Fig. 7.51.- Focos de pudenta en "rabo de gato"

tán más expuestas al ataque de pudenta (que se alimenta del grano), convirtiéndolas en "parcelas foco" que es conveniente tratar a fin de evitar que la plaga se traslade posteriormente a las tablas colindantes. El tratamiento de parcelas foco suele aplicarse a un pequeño número de tablas de arroz, inferior al 10% de las existentes en las Marismas del Guadalquivir. Su umbral de tratamiento, a nuestro entender, quizás debiera ser algo superior al recomendado para el tratamiento normal o general, ya de por sí conservador.

Cuando el arroz entra en su estado de grano lechoso comienza la etapa más crítica en el control de pudenta. La evolución de la plaga debe seguirse con frecuencia, al menos semanalmente, por si se alcanzara su umbral de tratamiento. Se deben realizar un mínimo de 4 muestreos por parcela de 10 ha. En cada muestreo se dan 9 man-

Tabla 7.52.- Seguimiento y control de pudenta

Período de muestreo	Desde julio hasta poco antes de la cosecha, especialmente desde el estado fenológico de grano acuoso.
Unidad muestral primaria	9 golpes de la manga cazainsectos (33 cm de diámetro).
Número de muestras	Al menos 4 por parcela de hasta 10 ha.
Valoración y umbral de tratamiento	Una media de al menos 6 insectos (L3, L4, L5 o adultos) por muestra (previamente pueden realizarse tratamientos comunitarios de poblaciones invernantes antes de la invasión de las lindes y tratamiento de focos en parcelas de arroz).
Materias activas permitidas P.I.	Triclorfón* y Malatión*
Insectos auxiliares	<i>Telenomus sp.</i>

* Pendiente de moratoria o autorización provisional

gazos (la manga debe estar algo inclinada hacia arriba), efectuando un pequeño recorrido de unos 10-12 metros; en otras palabras, el plaguero suele dar 9 mangazos y 9 pasos (uno por paso largo). Al final se cierra la manga y se realiza el conteo. Si la media de capturas es superior a 6 (sólo se contabilizan los individuos N1, N2 y adultos) se trata. El Reglamento establece un umbral de 3 en vez de 6 pero, en nuestra opinión, la segunda cifra es más realista. Cabe resaltar que se capturan más pudentas en los márgenes (hasta 10-15 m) que en el interior del arrozal. Se debe muestrear por la mañana temprano (se dice que la pudenta se adelanta al plaguero). Con la manga suele también atraparse alguna rosquilla.

El seguimiento termina 10 días antes de la cosecha, dada la existencia de un plazo de seguridad entre ésta y la aplicación de triclorfón. En años propicios para la plaga puede ser necesario tratar la mayor parte de la zona arrocera, e incluso realizar una segunda aplicación. Aunque la pudenta invade la parcela de fuera hacia adentro no se suelen realizar tratamientos de márgenes, sino de toda la tabla, por motivos de seguridad, dada la movilidad del insecto.

El seguimiento de la plaga se debe llevar a cabo separadamente en cada parcela. Frecuentemente, debido a las servidumbres de las aplicaciones aéreas, se tratan comunitariamente todas las parcelas de un paraje o sector, incluso algunas que se encuentran por debajo de su umbral, al



Fig. 7.53.- La manga atrapa adultos, larvas y huevos

encontrarse dispersas entre una amplia mayoría de parcelas “tratables”. Si dicha minoría en vez de dispersa estuviera agrupada, no sería necesario su tratamiento.



Fig. 7.54.- Tratamiento de focos en el arrozal. El arroz aún no ha madurado

La materia activa más empleada, hasta ahora (se está pendiente de una moratoria en su utilización) es triclorfón, que actúa por contacto e ingestión. Como indicamos al hablar de rosquilla, es frecuente tratar al menos una vez, bien contra rosquilla (desde mediados de junio hasta finales de agosto), o bien contra pudenta (a partir del estado fenológico de estado lechoso hasta 10 días antes de la recolección). Para combatir ambas plagas se aplica triclorfón 50 u 80%, a la dosis de 3,5 ó 2 kg/ha, respectivamente, por avión, con 40-60 litros de volumen de caldo por ha. Es aconsejable efectuar los tratamientos por la mañana temprano, cuando las pudentas están más activas y ascienden a las panículas, quedando más expuestas al insecticida. Los huevos y las larvas de primera edad, e incluso las de segunda, son poco susceptibles al tratamiento, que no debe realizarse cuando representen un alto porcentaje de los insectos capturados por la manga (cuando existen muchas puestas no se debe tratar, salvo que se contabilicen muchos adultos, ya que el triclorfón no es efectivo contra huevos). El control ideal, aunque biológicamente imposible, tendría lugar en el supuesto de que sólo hubiera adultos.

Los tratamientos contra rosquilla y pulgón pueden tener efectos colaterales sobre pudenta, disminuyendo su población. De hecho, en los últimos años los tratamientos contra pudenta, al igual que contra rosquilla, han disminuido algo su frecuencia al haberse incrementado significativamente los tratamientos contra pulgón.

Uno de los logros de la producción integrada es la reducción de la superficie tratada de pudenta, ya que en vez de hacer aplicaciones generales en toda la zona arroceras o en grandes sectores, se localizan en parcelas o áreas determinadas donde la plaga rebasó los umbrales establecidos. El menor uso de insecticidas se extiende a otras plagas, como larvas de quironómidos y rosquilla.

Además del plazo de seguridad de 15 días recomendado entre las aplicaciones con propanil y triclorfón, no hay que olvidar el mencionado y obligado período de seguridad entre la aplicación de triclorfón y la cosecha.

Entre las medidas indirectas de lucha se encuentra la quema del rastrojo (si se dispone de autorización), que debe llevarse a cabo lo antes posible, a fin de eliminar algunos insectos y malas hierbas supervivientes. Aunque no se pueden destruir sus refugios invernales, sí es posible y conveniente eliminar en primavera las malas hierbas gramíneas y ciperáceas de las cercanías y márgenes del arrozal, que les atraen y sirven de alimento y refugio. Los rodales de malezas en el interior de la parcela son también focos de infectación, siendo, por tanto, conveniente su control.

Mediante trampas de luz se pueden capturar adultos de pudenta durante la noche (desde las 21.00 hasta las 8.00) con el fin de conocer sus movimientos y elaborar curvas de vuelo, aunque la utilidad de esta información es realmente bastante limitada, de escaso interés. Se pueden atrapar desde unos pocos individuos hasta varios cientos por trampa en una sola noche.

Diversas especies de avispijas (microhimenópteros) del género *telenomus* parasitan y destruyen los huevos de pudenta, al realizar sus puestas sobre ellos, aunque estimamos que su grado de control es francamente pequeño.

Etofenprox es una materia activa autorizada para el control de pudenta en otras regiones arroceras españolas. En Andalucía no está permitido su uso a causa de posibles daños sobre cangrejo. Sería conveniente llevar a cabo ensayos, en nuestras condiciones de cultivo, para cuantificar dicha posible afectación sobre la fauna acuícola así como su grado de control de pudenta. Hay que tener en cuenta que la incidencia de este insecto

en los arrozales levantinos es muy baja y que la mayoría de sus tratamientos en Andalucía se llevan a cabo cuando la planta tiene una altura considerable, lo que disminuye (amortigua) la penetración del producto.

6.- Pulgones

6.1.- Descripción y biología

Los pulgones son insectos hemípteros de la familia de los áfididos que suelen parasitar a la mayoría de las especies vegetales. No existe ningún pulgón específico o exclusivo del arroz. Los pulgones proceden de otros cultivos próximos y/o de las numerosas especies de malas hierbas (principalmente gramíneas y ciperáceas) situadas en los márgenes, canales y cercanías del arrozal, desde donde comienzan su invasión. Por esta razón se localizan preferentemente en los márgenes de la parcela, siendo recomendable mantenerlos libres de malas hierbas. Las malezas que a veces infectan el interior de la parcela son también focos de infección y de dispersión de la plaga.

Diversas especies de pulgones atacan al arrozal. *Schizaphis graminum* es un pequeño pulgón que causa daños a la mayoría de los cereales. Es el más frecuente de los que atacan al arroz (supone el 80-85% de los daños por pulgones). Los adultos no sobrepasan los 2 mm. Son de color verde pálido o verde amarillento.



Fig. 7.55.- Colonia de pulgones. Se pueden observar individuos alados y uno parasitado (globular y de color rojo)

Sitobium avenae es de color verde pálido, pudiendo alcanzar sus adultos longitudes cercanas a los 3 mm. *Rhopalosiphum padi* es de color pardo oscuro y puede transmitir el virus del enanismo amarillo de la cebada (denominado “enrojat” en Valencia), enfermedad que no tiene incidencia en Andalucía. Muy rara es la presencia en el arrozal de *Sipha maydis* o pulgón negro del maíz. El “pulgón del carrizo” no ataca al arroz; sin embargo, las malas hierbas del carrizal suelen albergar algunas de las especies de pulgones dañinas, anteriormente descritas.

La mayoría de los pulgones carecen de alas (son ápteros), aunque aparecen en determinados momentos algunas hembras aladas que vuelan a otras plantas y originan nuevas colonias (los pulgones alados del vecino, si no los trata, pueden infestar nuestra parcela). Pasan el invierno principalmente en estado de huevo, depositado sobre diversas especies de cereales, aunque también como hembras adultas y, a veces como ninfa (larva con rudimentos de alas). Su metamorfosis es muy sencilla. Su ciclo biológico es muy corto (incluso de sólo una semana) dependiendo de las condiciones ambientales, principalmente de la temperatura. La hembra suele tener entre 30 y 40 descendientes.

6.2.- Daños

Están provistos de un largo pico que clavan en las partes verdes de la planta, succionando sus jugos. Inyectan una hormona de crecimiento (ácido indolacético) con la saliva, produciendo la desecación, anaranjado y deformación de la zona atacada.



Fig. 7.56.- Síntomas de daños por pulgón. Frecuentemente la invasión procede de las malas hierbas de los márgenes



Fig. 7.57.- Daños de pulgón

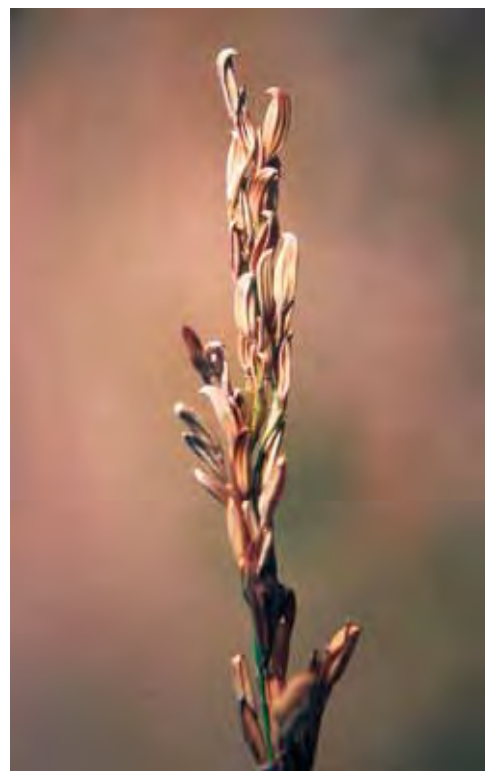


Fig. 7.58.- Daños intensos de pulgón en panícula



Fig. 7.59.- Rodales de pulgón. Síntomas en hoja

Al picar la hoja causa cicatrices en línea recta, puntiformes y con un contorno amarillo-rojizo. Las hojas toman un color pardo rojizo. Los pulgones segregan abundante melaza, la cual dificulta la actividad fotosintética de la planta. A veces forman grandes colonias que recubren las hojas, especialmente su zona apical.

Normalmente aparecen en el arrozal a partir del espigado, por rodales más o menos extensos, aunque sus ataques pueden adelantarse a finales de junio (los hay desde principios de ahijamiento hasta recolección). Si atacan a principios de ahijado (dañando sus partes más tiernas, como las puntas de las hojas) la planta queda algo más baja de talla. En condiciones ambientales favorables se multiplican y extienden muy rápidamente.

Los daños suelen pasar desapercibidos para el arrocero hasta que el cultivo exhibe la típica coloración pardo rojiza, además de un claro retraso vegetativo, que delimita perfectamente los rodales o zonas atacadas. El arroz cambia claramente de color (los rodales de color anaranjado son fácilmente detectables, así como las hojas ligeramente abarquilladas). A partir del estado de floración es más difícil apreciar los ataques por dicho cambio de coloración al poder confundirse con el anaranjado fisiológico propio de la senescencia natural de la planta. Si el ataque es débil el daño es más uniforme (al existir menos rodales afectados) y difícil de distinguir. Las altas temperaturas y los vientos desecantes provocan un cierto descenso en la población de pulgones, pero no demasiado acusado, ya que, en su mayor parte, los pulgones no abandonan el arroz sino que se refugian en las partes más frescas de la planta.

Cuando atacan al grano en estado lechoso-principio de pastoso, provocan su deformación (grano en pico de loro) y la de la panícula. El grano en pico de loro detiene su proceso de llenado, lo que trae consigo una significativa pérdida de rendimiento en grano (incluso del 10-20%). El ataque de pulgón suele ser casi simultáneo con el de rosquilla.

6.3.- Seguimiento y Control

Su control químico se realiza por avión, con malatión 50 ó 90%, a la dosis de 2,7 ó 1,5 l/ha respectivamente (a menudo se le añade algo de triclorfón), con un volumen de caldo de 40 a

60 l/ha. Si los daños se limitan a algunos rodales se pueden aplicar tratamientos localizados (en el primer Reglamento de producción integrada, curiosamente, sólo se contemplaba el tratamiento de focos). El pulgón se ha convertido ya en la plaga más importante del arrozal, junto con pudenta, y su incidencia parece continuar incrementándose.

Por término medio, en nuestra zona arrocerá se aplican 1,5 tratamientos por campaña, a toda la parcela, aunque en algunas tablas se dan hasta 3 aplicaciones. El pulgón puede “soportarse” un poco hasta antes de floración, pero, inmediatamente después (en grano acuso-lechoso) pueden causar pérdidas importantes e irreversibles, que pueden rondar el 15% de la cosecha. Si se trata antes de floración se suele recuperar la planta (por ello antes del espigado podemos dudar en tratar), pero tras dicho estado fenológico debe realizarse el tratamiento (si se alcanzan los preceptivos umbrales, lógicamente). El pulgón ataca hasta grano pastoso. En esta plaga estimamos muy importante tener en cuenta el estado fenológico del arroz a la hora de valorar la conveniencia de llevar a cabo un tratamiento, ya que 1-2 aplicaciones pueden ser convenientes, pero aumentar su número hasta 4-5 puede ser económicamente inasumible. En caso de graves ataques se puede apreciar una “polvareda” negra que sale por detrás de la cosechadora, evidenciando la alta incidencia de la plaga y de los hongos saprofitos que se alimentan de sus secreciones de melaza (algunos achacan equivocadamente dicha polvareda a la pirculariosis).

El seguimiento de esta plaga es complicado, ya que es difícil de muestrear (los conteos son erráticos, con grandes oscilaciones en función de la hora y de la temperatura). Su período de muestreo es similar al de pudenta.

El tratamiento contra pulgón puede coincidir con el tratamiento general contra malas hierbas ciperáceas y de hoja ancha. Si aplicamos propanil, es necesario mantener un plazo de seguridad de al menos 15 días entre el tratamiento herbicida y las aplicaciones de insecticidas organofosforados (malatión y triclorfón), debido a su incompatibilidad; de lo contrario podemos provocar daños al arroz. Los tratamientos contra pulgón, a veces, afectan también a la población existente de orugas de rosquilla (incluso puede hacerse un tratamiento conjunto contra ambas plagas, si coincidieran sus momentos de aplicación).

Como medidas preventivas de protección es conveniente la eliminación de las malas hierbas de la parcela y zonas circundantes así como la protección de los insectos auxiliares que parasitan al pulgón que, excepcionalmente en esta plaga, pueden ejercer una apreciable ayuda en su control.

Con relación a posibles nuevos insecticidas (actualmente no autorizados) destacaremos Kopy (imidacloprid 20%), que ejerce un excelente control sobre el pulgón. Tendría que superar algu-

nos obstáculos relacionados con su nivel máximo de residuos (LMR), aunque parece ser que deja pocos restos en grano y cascarilla. Se aplica a las 4-5 semanas después de la siembra, a dosis de 400-500 cm³/ha en 100 litros de caldo. Tiene la ventaja de una alta persistencia, y al parecer se puede mezclar con la mayoría de los herbicidas contra ciperáceas y hoja ancha. Sería conveniente acelerar su comercialización de forma que pueda utilizarse en 2010 ó 2011 (en Portugal ya se comercializa).

Tabla 7.60.- Seguimiento y control de pulgones

Período de muestreo	Desde el ahijamiento hasta el comienzo de la maduración del grano, especialmente desde grano acuoso hasta grano pastoso-duro.
Unidad muestral primaria	25 plantas
Número de muestras	4 por parcela de hasta 10 ha. Se realiza un itinerario.
Valoración y umbral de tratamiento	El seguimiento de esta plaga es complicado, ya que es difícil de muestrear (los conteos son erráticos, con grandes oscilaciones en función de la hora y de la temperatura). Es muy importante tener en cuenta el estado fenológico del cultivo (véase texto). Según Reglamento, debe tratarse cuando más del 20% de las plantas de arroz están ocupadas por pulgón. Se considera planta ocupada a la que tiene más de 5 pulgones (esta cifra probablemente se incremente en el futuro si la experiencia y la investigación así lo aconsejan).
Materias activas permitidas P.I.	Malatión* y triclorfon*.
Insectos auxiliares	<i>Crysoperla carnea</i> , <i>Coccinella septempunctata</i> , <i>Aphidius colemani</i> ...
* Pendiente de moratoria o autorización provisional	

Insectos auxiliares



Fig. 7.61.- La larva y el adulto de la mariquita (*Hippodamia variegata*) son grandes devoradores de pulgones



Fig. 7.62.- Puesta de mariquita

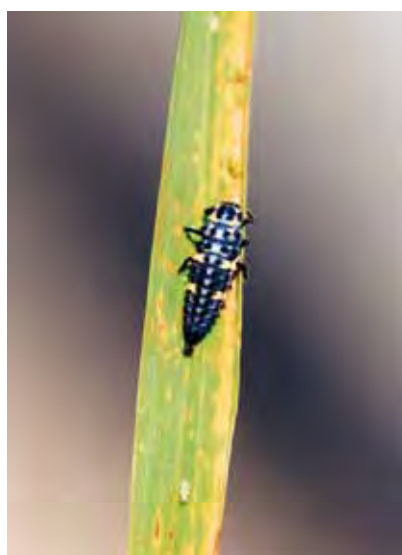


Fig. 7.63.- Larva de mariquita

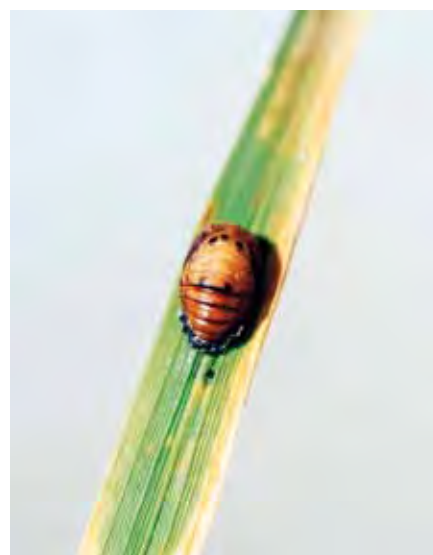


Fig. 7.64.- Pupa de mariquita

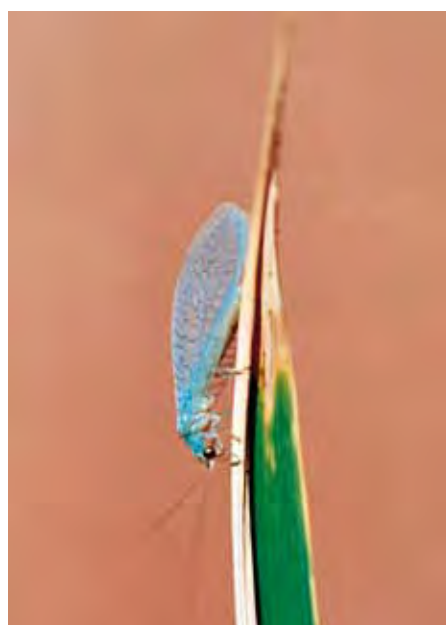


Fig. 7.65.- Adulto de *Chrysopa vulgaris*



Fig. 7.66.- La larva de *Chrysopa vulgaris* depreda pulgones



Fig. 7.67.- Otro insecto auxiliar, exclusivo del pulgón, es *Aphidius colemani*

Otros insectos que atacan el arroz



Fig. 7.68.- A la izquierda daños de barrenador con orificio de salida en el tallo y panículas blancas. A la derecha, daños de piricularia



Fig. 7.60.- El barrenador (*Sesamia nonagroides*) se alimenta del interior del tallo. Sus daños son reducidos



Fig. 7.70.- Crisálida (pupa) de barrenador



Fig. 7.71.- Los daños del minador de las hojas (*Hydrellia griseola*) son de escasa importancia

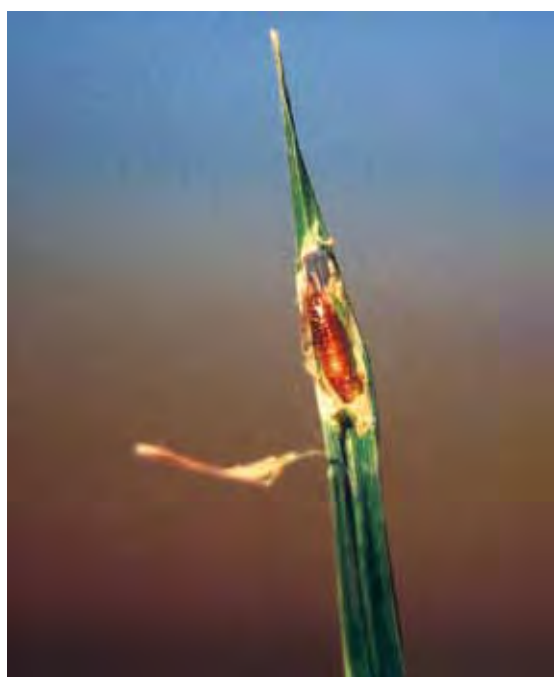


Fig. 7.72.- El minador crisalida dentro de la hoja. Pupa puesta al descubierto



Fig. 7.73 y Fig. 7.74.- El minador se alimenta entre los tejidos foliares, creando un abultamiento. Las larvas pueden detectarse al tacto pasando la hoja entre los dedos. En la foto derecha, larva puesta al descubierto



Fig. 7.75, Fig. 7.76.- *Chilo suppressalis* es casi inexistente en Andalucía. De izquierda a derecha, adulto y puesta



Fig. 7.77 y Fig. 7.78 .- De izquierda a derecha larva y pupa de *Chilo suppressalis* (Foto: M. Otero.)



Fig. 7.79.- Tallos secos con los orificios de salida de la larva de chilo. El ataque provoca el encamado y la muerte prematura de la planta.



Fig. 7.80.- *Daphnia* sp. (pulguilla de agua) no causa daños al arroz

Por supuesto, cualquier nuevo insecticida tendría que ser ensayado en nuestras condiciones de cultivo a fin de disponer de una información precisa sobre su comportamiento, antes de recomendar su posible utilización por el agricultor.

7.- Cangrejo rojo

7.1.- Descripción y biología

Procambarus clarkii, o cangrejo rojo, es muy abundante en nuestros arrozales. Esta plaga del arroz fue introducida en las Marismas del Guadalquivir en 1974, cuando se liberaron, procedentes de Luisiana (USA), 500 kg de este crustáceo en una finca de La Puebla del Río, con el fin de iniciar, bajo control, su multiplicación y comercialización. A los cinco o seis años se había extendido por toda la zona arrocera y áreas naturales colindantes.

Sus características biológicas, tales como su elevada resistencia a las bajas concentraciones de oxígeno en el agua, gran capacidad reproductora, rápido crecimiento, resistencia a enfermedades, tolerancia a altas temperaturas, etc., provocaron su rápida proliferación y la casi desaparición de otras especies de cangrejo, entre ellas la del autóctono (*Austropotamobius pallipes*).

Prefiere las aguas claras, de poca corriente y escasa profundidad, así como la existencia de abundante vegetación acuática. Se alimenta principalmente de materia vegetal en descomposición, rica en bacterias y otros microorganismos, procedente de numerosas malas hierbas (lemna, typha, echinocloa, paspalum, etc.) aunque también aprovecha los cadáveres de pequeños ani-



Fig. 7.82.- Cangrejo rojo joven



Fig. 7.83.- El cangrejo excava madrigueras fácilmente reconocibles por sus rebordes o torretas (montículos de barro)

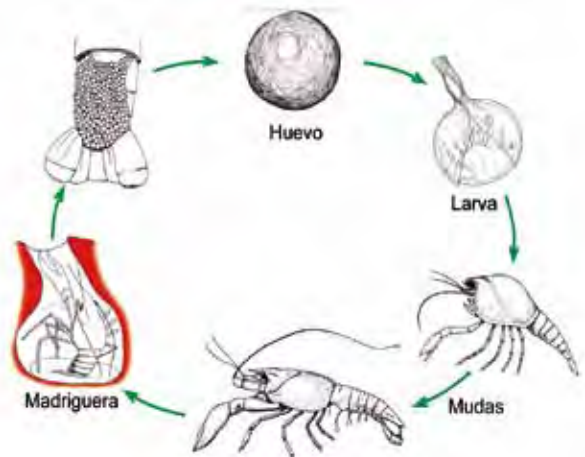


Fig. 7.84.- Ciclo biológico del cangrejo rojo



Fig. 7.81.- Cangrejo rojo adulto

males, llegando incluso a atacar a pequeños insectos que pueblan el arrozal.

Desarrollan su mayor actividad durante las horas crepusculares, aunque los más jóvenes pueden ser vistos fácilmente durante todo el día, arrastrándose por el fondo de la tabla o de los canales. En días nublados o lluviosos pueden salir del agua y recorrer apreciables distancias.

Se reproducen una vez al año. Los apareamientos, en los que la hembra frecuentemente resulta dañada en el afán del macho por inmovilizarla, se extienden de abril a septiembre. La hembra puede retener los espermatozoides inactivos y transportar varios cientos de huevos bajo su abdomen hasta su eclosión, que tiene lugar de 2 a 20 semanas más tarde, según las condiciones ambientales. Mientras tanto, excava madrigueras o refugios preferentemente cerca del borde del agua. Estos refugios son galerías, casi siempre verticales y de hasta más de un metro de profundidad, terminadas en una cámara de 10-15 cm de diámetro. En la entrada de estos agujeros se observan claramente unos rebordes o chimeneas formadas con el barro resultante de la excavación, que sobresalen unos 15 cm de la superficie del suelo.

El mayor número de eclosiones suele ocurrir en septiembre, aunque los nacimientos, de forma escalonada, comienzan en junio. Los jóvenes cangrejos permanecen en la madriguera, mudando varias veces su esqueleto externo. Posteriormente abandonan el refugio y tras sufrir nuevas mudas alcanzan la madurez.

Después de la cosecha y desagüe del arrozal se retiran a sus madrigueras, donde permanecen varios meses inactivos. Si los refugios se mantienen húmedos el cangrejo puede sobrevivir hasta la próxima estación y completar otra generación. Casi todo el ciclo reproductor tiene, pues, lugar durante el período de cultivo del arroz.

7.2.- Daños

En raras ocasiones el cangrejo se alimenta del grano de arroz, al que previamente tendría que triturar y macerar. Es también muy infrecuente que ataque a la plántula, aunque, hasta el ahijado, es capaz de troncharla. Su actividad excavadora y natatoria puede enturbiar el agua, con la consiguiente reducción de la actividad fotosintética de las plántulas sumergidas. Además, la construcción de sus refugios puede causar algún desarraigo. Pero todos estos daños son relativamente poco importantes.

Los cangrejos constituyen un serio problema para el arrocero principalmente por los daños y perturbaciones que causan sobre el sistema de riego. Para construir sus madrigueras llegan a ho-



Fig. 7.85.- Piquera entre dos tablas. Al lado, los cangrejos han horadado el almorrón provocando el desagüe incontrolado de agua

radar almorriones, piqueras, acequias y caminos. Sus agujeros pueden llegar a traspasar los almorriones de separación entre tablas, con el consiguiente peligro de inundación de la más baja y de desagüe de la más alta (en 3-4 días son capaces de desaguar la tabla). Las perforaciones en la base de acequias y caminos incrementan el riesgo de su desprendimiento. Los cangrejos gustan de excavar en las partes blandas cercanas a materiales duros, como el hierro o el hormigón, convirtiendo las cercanías de las piqueras de entrada y salida de agua en zonas preferentes de sus actividades. Las tuberías de conducción, sifones, etc. también corren riesgos de desprendimiento. Todo ello obliga a un constante seguimiento y reparación de caminos y estructuras de riego. En casi todas las parcelas hay nasas, recogiendo los cangrejos de noche o al amanecer. La captura de cangrejos comienza en junio, aunque es en agosto cuando se alcanza la mayor actividad.

Otro perjuicio, menor pero considerable, es causado por las chimeneas o montículos de barro húmedo, el cual puede introducirse en la cosechadora, contaminando y depreciando la calidad del grano. Este problema se agrava si el arroz está encamado, al ser necesario bajar la altura de la barra de corte.

Los cangrejos atraen a numerosas especies de aves a las tablas de arroz, especialmente cigüeñas, milanos y garzas, que gustan de este tipo de alimento. En su búsqueda, las pisadas de dichas aves pueden desarraigar y tumbar las plantas de arroz, especialmente poco después de la

siembra. Las ratas también se alimentan de cangrejos, consumiendo sólo parte de su cabeza (cefalotorax). Algunos peces, sobre todo las anguilas, se alimentan de cangrejos pequeños.

7.3.- Control

El arrocero no puede ejercer un control efectivo sobre esta plaga ya que no dispone de pesticidas autorizados; es más, la existencia del cangrejo limita la aplicación de algunos e incluso el registro de nuevos insecticidas. Además, la población de cangrejos está favorecida por el sistema de riego continuo y el monocultivo imperante en las Marismas.

Si desagüamos temporalmente el arrozal los cangrejos se refugian en sus madrigueras hasta que se restablece la inundación. Puede recorrer a pie considerables distancias y usar los canales para infectar otras parcelas.

Es conveniente vigilar, reforzar y reparar los daños en las estructuras del sistema de riego lo antes posible para evitar desagües indeseados.

Desde otro punto de vista, es necesario señalar que la captura, depuración, procesado y comercialización de este crustáceo suponen una considerable fuente de riqueza en la zona, siendo deseable armonizar el cultivo del arroz y del cangrejo (astacicultura).

8.- Aves y roedores

Las aves acuáticas causan daños al arroz a lo largo de todo su ciclo vegetativo. Los flamencos y otras especies de gran porte dificultan la germinación, ya que con su pisoteo en busca de ali-

mento remueven el fango y entierran la semilla. El calamón (gallito azul) posiblemente sea la especie más dañina, ya que se come la base del tallo del arroz y además siega una superficie de unos 2 m² cada vez que prepara su "cama". La focha común (gallareto) consume grano y también siega plantas para encamarse. Durante el cultivo las garzas, polluelas, patos y otras anátidas provocan daños al posarse y deambular en el arrozal, prefiriendo los rodales con escasa densidad de plantas. Los patos comen grano de arroz, normalmente de noche, rypiando las panículas y pudiendo acarrear pérdidas importantes. Prefieren las tablas con rodales de pocas plantas (los "claros" de vegetación tienen un efecto llamada para las ánades). Esta es una de las razones por las que el agricultor realiza la replanta, tras la siembra directa, aunque normalmente dicha operación no le suponga incrementar sus beneficios. Durante la fase de llenado y maduración del grano las cigüeñas (entre otras aves), en su búsqueda de cangrejos, pueden provocar el encamado de la planta y su desgrane. Las garcillas (garcilla común, garcilla bueyera y garcilla cangrejera), así como las gaviotas, comen cangrejos, caracolillos y gusanos rojos muertos, ocasionando daños relativamente menores. Los gorriones pueden también afectar a los arrozales cercanos a arboledas, edificios o instalaciones para el procesamiento del arroz. Los gansos entran justo después de la recolección, alimentándose de los granos dejados por la cosechadora (caídos al suelo) y de tubérculos de castañuela, ejerciendo una ligera labor de escarda de esta mala hierba.

Se puede intentar espantar y ahuyentar las aves mediante ruido (cohetes pirotécnicos, cañones de carburo) con resultados limitados, ya que, incluso siendo persistentes y alternando los métodos, van progresivamente perdiendo el miedo.

Es importante destacar que el arrozal se convierte en una fuente importante de alimento para la avifauna del colindante Parque Nacional de Doñana, en los años de escasez de agua para dicha zona de alto interés ecológico, razón de más para salvaguardar ambos ecosistemas.

Las ratas pueden dañar la planta, así como el grano almacenado. Los daños en campo son pequeños, muy inferiores a los provocados por las aves; en cambio, es frecuente el uso de raticidas para proteger los almacenes. Poco después de la



Fig. 7.86.- Nasa para capturar cangrejos



Fig. 7.87.- Daños de calamón común (gallo azul)



Fig. 7.88.- Calamón (gallo azul)



Fig. 7.89.- Daños de ánade real. Espigas rípidas



Fig. 7.90.- Cañón



Fig. 7.91.- El arrozal: paraíso de aves acuáticas



Fig. 7.93.- Los rodales sin plantas atraen a la avifauna



Fig. 7.92.- Síntomas de daños por ratas

siembra, especialmente durante la bajada del nivel de agua para promover el enraizamiento de las plántulas, pueden abatirlas con el propósito de comer sus granos germinados. Al igual que las aves acuáticas, los roedores prefieren los rodales con poca densidad de plantas. Desde el estado de zurrón tardío hasta la completa maduración del grano les gusta cortar los tallos para alimentarse de la joven panícula o de sus granos, especialmente en estado lechoso. Los daños son más frecuentes en los bordes de la parcela, aunque las pérdidas de cosecha normalmente carecen de importancia. En el arrozal conviven dos especies de ratas, la rata común o de alcantarilla (*Rattus norvegicus*), que también causa daños en los almacenes, y la rata de agua (*Arvicola sapidus*), más rechoncha, de pelaje muy apretado y excelentes cualidades natatorias. Ambas especies son muy prolíficas. Las ratas de agua prefieren construir sus nidos o madrigueras cerca de los cursos de agua, excavando galerías con varias salidas, aunque a veces anidan entre la maleza. Su actividad excavadora causa algunos perjuicios, aunque no suelen ser de consideración.

9.- Punta blanca (nematodos)

Los nematodos son gusanos microscópicos, de cuerpo alargado, transparentes y carentes de segmentos, que sólo alcanzan una longitud de apenas 0.5-0.9 mm. Pueden causar daños considerables en los arrozales tropicales, aunque su

presencia está confirmada en algunos países europeos (Rusia, Rumania, Italia, etc.). Existen algunas referencias de su presencia en los arrozales españoles, donde causan daños de poca importancia. La especie identificada en nuestro país se denomina *Aphelenchoides besseyi* Christie, cuyo nombre se asocia a los síntomas que provoca en el ápice de las hojas (punta blanca). Su ciclo biológico es sencillo, con una duración media de dos o más semanas, en función de las condiciones ambientales. Tienen tres o cuatro mudas larvares (la primera en el interior de huevo) antes de alcanzar el estado adulto. Las temperaturas óptimas para su desarrollo se sitúan entre 23-32° C, aunque son activos hasta los 42-43° C, muriendo cuando se alcanzan temperaturas superiores. Necesitan elevados porcentajes de humedad relativa del aire (por encima del 70%), con presencia de gotas de rocío en las hojas.

Sobreviven invernando en los granos del arroz y de algunas malas hierbas como echinocloa. La infestación se realiza a partir de la semilla de siembra y también de los granos no cosechados (restos de cosecha), difundiendo estos gusanos a través del agua de riego e incluso de planta a planta. Durante el ahijamiento del arroz, los nematodos se alimentan del ápice de las hojas, emigrando a las panículas en desarrollo durante la etapa de zurrón, donde se alimentan de los ovarios y estambres. Tras la floración dejan de reproducirse, aunque continúan su desarrollo. En la fase de maduración del grano entran en letar-



Fig. 7.94.- Daños de *aphelenchoides*. Las puntas de las hojas se vuelven blancas, más tarde se secan y deshilachan (cortesía R. Carreres)



Fig. 7.95.- El limbo de la hoja bandera se retuerce impidiendo la emergencia completa de la panícula (R. Carreres)

go (anhydrobiosis), estado en el que pueden sobrevivir hasta tres o cuatro años, reanudando su actividad cuando las condiciones de humedad y temperatura les sean propicias.

El síntoma más característico es la presencia de limbos con puntas blancas (2.5-5 cm de largo), las cuales posteriormente se secan y deshila-chan (Fig. 7.94). En caso de fuerte infestación, el limbo de la hoja bandera queda más corto y arrugado, retorciéndose en espiral, lo que acarrea una incompleta emergencia de la panícula (Fig. 7.95). Las plantas muy atacadas quedan más bajas y debilitadas, reduciéndose el número y el peso de los granos.

La utilización de semilla libre de nematodos, la escarda de malas hierbas y la quema de los restos de cosecha disminuyen la incidencia de esta plaga. Dado que se transmite por semilla, tratarla con agua caliente es el método de control más utilizado en los países afectados. Para ello, la semilla se pone primeramente en remojo, en agua fresca, durante 24-36 horas, para después sumergirla en agua caliente (55-60° C) durante 10-15 minutos. De esta forma se destruyen los nematodos sin disminuir el poder germinativo de la semilla. En las condiciones de cultivo del sur de España, dado su escaso nivel de incidencia y de daños, no se toma ninguna medida específica de control contra aphelenchoides.



Enfermedades

Enfermedades

El arrozal andaluz está sometido a menores daños por enfermedades que los de otras regiones productoras del mundo. La semilla y la plántula de arroz no suelen sufrir ataques severos. En planta adulta las enfermedades más importantes son causadas por los hongos *Pyricularia oryzae*, *Helminthosporium oryzae* y *Sclerotium oryzae*. La de mayor virulencia es la piriculariosis, que en algunos años puede provocar graves pérdidas de cosecha. *Helminthosporium* y *esclerotium*, aunque son frecuentes, no suelen causar perjuicios económicos cuantiosos.

1.- Enfermedades de la semilla y de la plántula

La infección de los granos de arroz puede tener lugar en el campo y también en el almacén. En cosecha, el grano de arroz puede albergar diversas especies de hongos que con frecuencia manchan sus glumillas (cascarilla), aunque raramente penetran en su interior, por lo que los daños comerciales suelen ser relativamente pequeños. La semilla porta los inóculos correspondientes a los que se sumaran, tras la siembra, los de otras especies de hongos que viven en el suelo y en el agua del arrozal. Conjuntamente causarán perjuicios tanto a la semilla germinante como a la joven plántula.

Inóculos, generalmente esporas, de patógenos importantes se pueden hallar en las cubiertas del grano y ser transmitidos por semillas. *Fusarium sp.*, *Helminthosporium oryzae* y, en menor proporción, *Pyricularia oryzae*, son las especies más detectadas, aunque generalmente con bajo o nulo nivel de infestación.

En la semilla de siembra (y también en el grano cosechado) es relativamente más frecuente la presencia de hongos saprofitos y/o parásitos secundarios, entre los que destacan diversas especies de los géneros *alternaria*, *nigrospora*, *curvularia*, *arthrobotrys* y con menor frecuencia de *cladosporium*, *rhizopus*, *epicoccum*, etc. Es necesaria una elevada e infrecuente presencia de saprofitos para que la semilla no sea útil para siembra.

Las esporas de *helminthosporium*, *fusarium* y *pyricularia* presentes en la semilla pueden producir su podredumbre o lesionar las plántulas. Varias especies de *alternaria* producen manchas negras concéntricas sobre las semillas no germinadas o en curso de germinación.

Todos los hongos descritos reducen la calidad del grano, así como su vigor y energía germinativa, aunque el nivel de infestación de los diferentes lotes de semilla no suele ser alto por

término medio. Con relación a su poder germinativo suelen ser más importantes otras características de la semilla como su edad, condiciones de almacenamiento o ausencia de insectos de almacén (gorgojos). El inóculo inicial de estas enfermedades se encuentra principalmente en los restos vegetales (rastreo) infectados del año anterior. En cualquier caso, es de destacar que las condiciones ambientales serán mucho más determinantes en los ataques a plantas adultas, que son potencialmente los más dañinos.

Hemos llevado a cabo diversos análisis para determinar los microorganismos patógenos y saprofitos presentes en semilla, certificada y no certificada, utilizada en las Marismas del Guadalquivir (M. García, M. Castejón y M. Aguilar., 2002).

En el caso de semilla no certificada (Fig. 8.1), no fue detectada la presencia de piricularia en ninguno de los 400 lotes analizados (200 semillas por lote); en cambio, otros hongos patógenos de los géneros *helminthosporium* y *fusarium* fueron identificados en algunos lotes, pero en bajos porcentajes de semilla. Con relación a los hongos saprofitos, se encontraron también pequeños por-

centajes de semilla infectada de *curvularia*, *arthrobotrys*, *alternaria* y *nigrospora*. En general, estos resultados manifiestan, para las muestras tomadas en 1998 y 1999, una buena salud de la semilla de siembra. Este bajo nivel de infestación se explica por el carácter “desactivador” de buena parte del inóculo que trae consigo el proceso de secado mecánico del grano.

Sin embargo, en algunos años es posible detectar la presencia, aunque sea baja, de *Pyricularia oryzae* en semilla de siembra, incluso certificada (Tabla 8.2), especialmente si esta procede de campos de multiplicación donde se dieron condiciones idóneas para el desarrollo de la enfermedad. En este estudio se muestrearon 11 lotes por variedad, a razón de 200 semillas por lote. La semilla puede ser una vía secundaria (aunque poco importante) de transmisión de este hongo.

Pero también hay hongos que viven en los suelos húmedos (*Fusarium sp*, *Pythium sp.*, etc.) e incluso en el agua (principalmente del género *achlya*). *Pythium* ataca al embrión y *achlya* normalmente ataca al endospermo de las semillas en germinación. Los ataques a plántulas son más severos con bajas temperaturas, que retardan su de-

Fig. 8.1. Especies de hongos encontrados en semilla no certificada. Porcentaje de lotes de semilla afectados y porcentaje de semilla afectada sobre dichos lotes. Valores medios de las campañas 1998 y 1999. Marismas del Guadalquivir

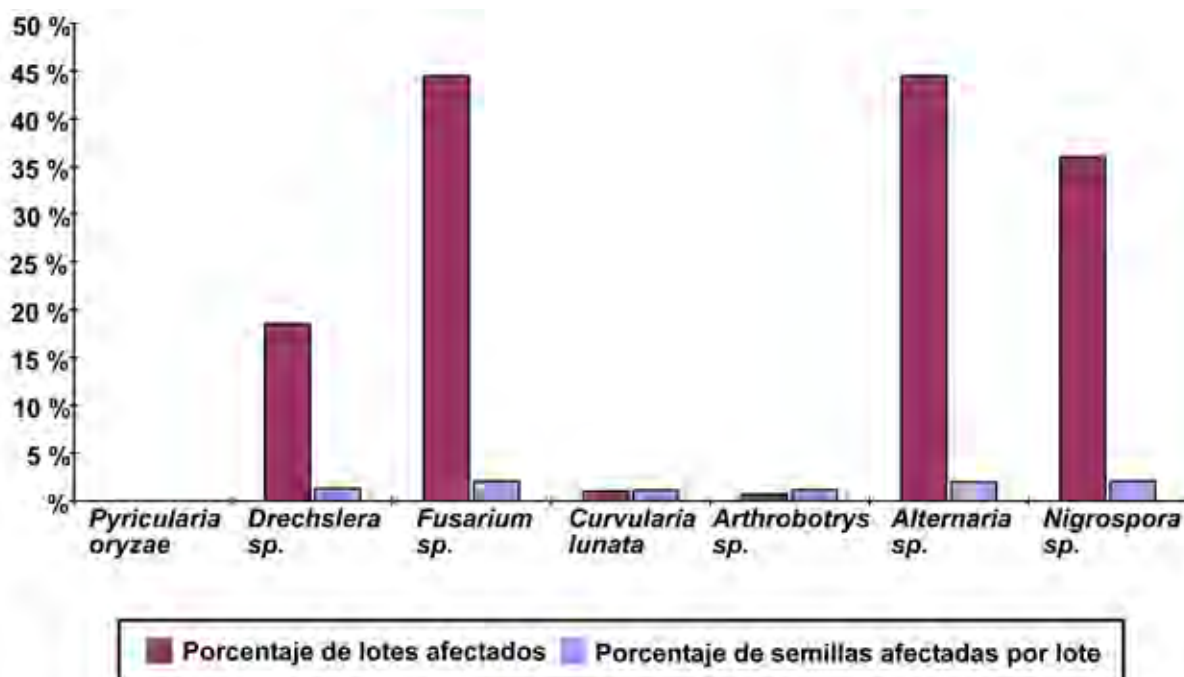


Tabla 8.2.- Porcentaje de lotes de semilla certificada con presencia de *Pyricularia oryzae* y porcentaje de semillas afectadas por lote afectado. Marismas del Guadalquivir, 2001.

Variedad	Lotes afectados (%)	Semilla afectada por lote afectado (%)
Galatxo	-	-
Maso	-	-
Thainato	-	-
Marisma	45.5	8
Orellana	36.4	5
Fonsa	45.5	7

sarrollo. Estos daños pueden a veces confundirse, inicialmente, con los causados por quironómidos, que se alimentan del embrión o de las raíces y de las hojillas de plántulas muy pequeñas.

Los síntomas de podredumbre de semilla y plántula aparecen a los pocos días de la siembra, con la presencia de filamentos del hongo (hifas), generalmente blancuzcos, que acaban recubriéndolas. Frecuentemente se aprecia un halo oscuro debido a la invasión secundaria de saprofitos. Otras veces el micelio (conjunto de hifas) se ve invadido por algas que le dan una tonalidad verdosa. Las primeras hojas infectadas se vuelven cloróticas y las raicillas raquílicas, lo que retarda el crecimiento y aumenta los riesgos de pérdida de plántulas.

Durante la etapa de plántula la intensidad de los daños depende del grado de contaminación de la semilla, de la tasa de infestación de la parcela por hongos del suelo y del agua, así como del grado de tolerancia de la variedad de arroz. Esta tolerancia suele estar relacionada con su vigor inicial y su velocidad de desarrollo con bajas temperaturas. Los bajos niveles de agua suelen acelerar dicho desarrollo inicial. Por otro lado las enfermedades que lesionan o debilitan a la plántula la hacen más susceptible a otras adversidades.

En tejidos muertos, lesiones o plantas debilitadas pueden producirse infecciones secundarias de determinados hongos (saprofitos y

parásitos débiles), los cuales no suelen provocar daños de consideración a las plantas de arroz vigorosas y en buen estado sanitario. Uno de los más habituales es *Nigrospora oryzae*, que daña las hojas y mancha las glumillas de un color amarillo sucio. *Alternaria oryzae* es un parásito débil o secundario que causa un moteado grisáceo en la cascarilla del grano. Existen otras especies de alternaria que son exclusivamente saprofitas. Los ataques severos de hongos “de grano” (*pyricularia*, *helmintosporium*, *fusarium*, *nigrospora*, *alternaria*, etc.) son observables desde el inicio de la fase de maduración.

Cuando las condiciones ambientales son propicias, *Pyricularia oryzae* puede llegar a infectar el grano. En un ensayo de campo (Tabla 8.3), diseñado para proporcionar las condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad (siembra tardía, exceso de abonado nitrogenado y rodeado con variedades muy susceptibles a este patógeno, como fuente de inóculo) se evaluó el grado de infección, en grano cosechado, de diversas variedades.

Tabla 8.3.- Porcentaje de infección de *Pyricularia oryzae* en grano cosechado. Marismas del Guadalquivir, 2001.

Variedad	Lotes afectados (%)	Semilla afectada por lote afectado (%)
Senia	34	4
Galatxo	69	12
Bahía	58	9
Maratelli	63	18
Baixet	82	21
Maso	64	11
Ullal	41	6
Alena	55	11
Thainato	49	7
Jacinto	51	9
Thaibonnet	69	14
Puntal	41	5
Fonsa	45	6
Puebla	47	6

Elaboración: M. Aguilar y colab.

Se muestrearon 40 lotes por variedad a razón de 200 semillas por lote.

Finalmente, durante el almacenamiento, algunas especies de hongos (principalmente de los géneros *aspergillus* y *penicillium*) pueden invadir la superficie del grano confiriéndole tonalidades azules, verdes o amarillentas.

Las altas dosis de siembra utilizadas en las Marismas suelen compensar las posibles pérdidas de plantas durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo. En caso necesario el tratamiento de semilla con fungicidas es un método relativamente barato para asegurar una densidad adecuada de plantas y disminuir la cantidad de inóculos.

2.- *Pyricularia oryzae* (piricularia)

Las conidias (esporas) de piricularia, vistas al microscopio, poseen un aspecto de pera, de donde reciben su nombre. En su interior se distinguen normalmente tres células y dos tabiques (septos). Las conidias surgen por multiplicación vegetativa (no sexual) de los extremos de determinados filamentos del hongo, denominados conidióforos.

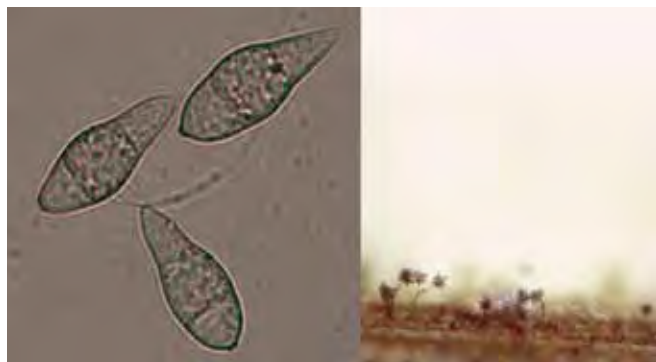


Fig. 8.4.- Esporas de *pyricularia* (100 aumentos). Sobre la epidermis de la hoja (derecha) se aprecian conidióforos con conidias

Pyricularia oryzae (sinónimo de *Pyricularia grisea*) es el nombre que recibe el hongo en su estado conidial, que es la única forma en que se presenta en el arrozal. En condiciones de laboratorio el hongo puede producir esporas sexuales (denominadas ascosporas), procedentes del cruzamiento entre dos individuos. En este estado sexual el hongo recibe el nombre de *Magnaporthe grisea*. Así pues, una misma especie de hongo, según su estado, recibe diversos nombres.

2.1.- Síntomas y daños

Esta enfermedad es la más temida en los arrozales de las Marismas del Guadalquivir. La variación anual de sus ataques depende principalmente de las condiciones climáticas, aunque las prácticas de cultivo también afectan a la incidencia y severidad de sus daños. Se estiman unas pérdidas medias cercanas al 5-8% del rendimiento en grano aunque, con ataques severos, en algunas parcelas y parajes pueden ser muy superiores. El cultivo tradicional, por transplante, con menores dosis de abonado nitrogenado, limitaba el desarrollo de este hongo. Piricularia puede producir lesiones en cualquier lugar de la parte aérea de la planta, aunque raramente en las vainas de las hojas (Fig. 8.5).



Fig. 8.5.- Las manchas en vaina son poco frecuentes

Al principio aparecen en las hojas manchas blanquecinas o verde-grisáceas rodeadas por bordes verdosos más oscuros. El interior de las lesiones maduras es de color blancuzco-grisáceo con bordes necrosados de color marrón-rojizo. La forma de las manchas es variable, con frecuencia oval-elipsoidal con extremos más o menos puntiagudos en el sentido de los nervios (forma de diamante) (Fig. 8.6). En ambiente húmedo y templado el hongo esporula y el centro de la mancha adquiere una coloración gris ceniza por la presencia de las hifas y conidias (Fig. 8.7). Las lesiones del limbo varían según el grado de resistencia de la variedad, la edad de la hoja y las condiciones ambientales. Por término medio las lesiones tienen menos de 1 cm de longitud en estado de plántula, alcanzando 1,5-2 cm en el encañado. Los ataques severos llegan a provocar la muerte de la hoja. Cuando las manchas de piricularia son



Fig. 8.6.- Manchas en hoja de *Pyricularia oryzae*

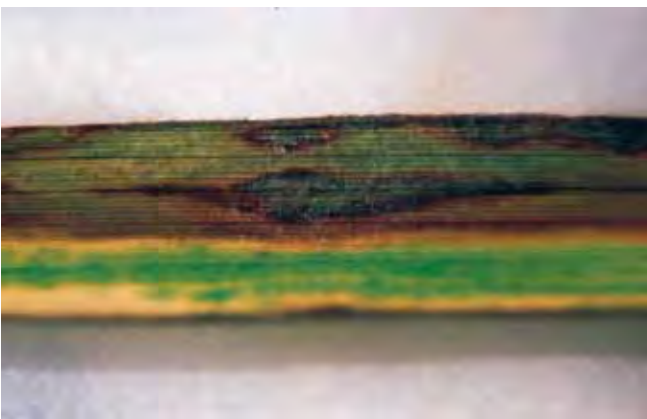


Fig. 8.7.- Esporulaci3n

pequeñas son difíciles de distinguir a simple vista de las causadas por *helminthosporium*.

En el tallo (nudos y entrenudos) y en la panícula (cuello, raquis principal, ramas y glumillas) aparecen lesiones necróticas de color marr3n oscuro que pueden reducir o estrangular la circulaci3n de la savia (con las correspondientes p3rdidas en rendimiento y calidad del grano) e incluso provocar el marchitamiento o secado de la parte situada por encima de la lesi3n. El ataque en nudos es mucho m3s frecuente y da±ino que en los entrenudos, pudiendo romper, parcial o totalmente, el tallo (Fig. 8.8). En la zona de inserci3n del limbo y la vaina (collar), y especialmente en la l3gula, sobre todo de la hoja bandera, es frecuente el ataque de *pyricularia*, propiciado por la acumulaci3n de gotas de roc3o que resbalan por el limbo (Fig. 8.9).

Las infecciones en el cuello de la panícula (Fig. 8.10) suelen ser las m3s destructivas, pudiendo provocar, al igual que los ataques en nudos, desde la disminuci3n del peso del grano hasta, en ataques tempranos y severos, la aparici3n de pa-

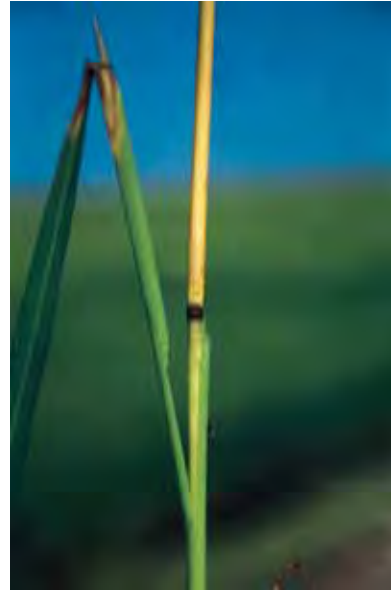


Fig. 8.8.- *Pyricularia* en nudo



Fig. 8.9.- De izquierda a derecha y de arriba a abajo: planta de arroz con roc3o, y da±os en l3gula, collar y rotura de la hoja (M. Aguilar y J. M. Garc3a Cano)

n3culas blancas y erectas con granos vac3os (Fig. 8.11). La infecci3n del cuello y de las ramas de la panícula (raquis, ramas primarias y secundarias), as3 como de los pedicelos portadores de las espiguillas (granos), pueden o no tener lugar simult3neamente en funci3n de determinadas condiciones ambientales y gen3ticas, aunque frecuentemente la infecci3n en rama tiene lugar m3s tarde, durante el llenado del grano (Fig. 8.12). La cascarilla del grano tambi3n puede quedar afectada, recubri3ndose de manchas marr3n oscuro.

El ataque de *pyricularia* suele comenzar por rodales, con caracter3sticas culturales y microclim3ticas propicias para el desarrollo de la enfermedad, llegando a tener un ligero aspecto de 3reas "quemadas", f3cilmente distinguibles a simple vista (Fig. 8.13).



Fig. 8.10.- Piricularia en cuello de panícula



Fig. 8.11.- Panículas blancas (vacías) por ataque de piricularia (J. M. García Cano)

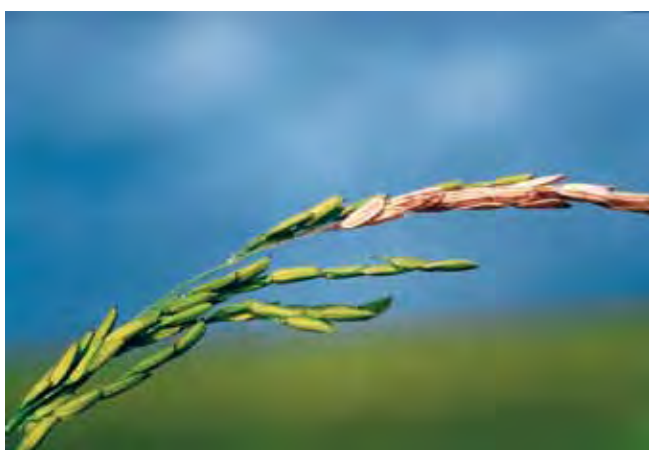


Fig. 8.12.- Ataque en rama de la panícula

El grado de tolerancia (o dicho al contrario, de susceptibilidad) a una enfermedad se suele expresar por la incidencia y severidad de la misma, bien sobre la planta completa (hijos incluidos) o sobre algunos de sus órganos (limbo foliar, lígula, nudo, cuello de panícula, etc.). Existe incidencia de la enfermedad en un órgano determinado si este



Fig. 8.13.- Rodal con síntomas de piricularia. Variedad Thai-nato (J. M. García Cano)

porta al menos una mancha del hongo. Así pues, o hay incidencia en un órgano o no la hay. Si existe incidencia en algún órgano existe también en la planta completa. La incidencia en planta completa se expresa como porcentaje de plantas afectadas, es decir, que presentan al menos una mancha. La severidad de la enfermedad sobre un determinado órgano define, en cambio, la intensidad del ataque y suele expresarse como porcentaje de área foliar afectada, porcentaje de lígulas afectadas, de nudos, de cuellos de panícula, etc.

El arrozal andaluz se encuentra bajo clima mediterráneo, caracterizado por altas temperaturas y baja humedad relativa del aire durante el período estival, condiciones poco propicias para el desarrollo de la enfermedad. Sin embargo, al final de la estación de crecimiento las condiciones meteorológicas pueden llegar a ser favorables para dicho desarrollo.

En la Tabla 8.15 se aprecia la evolución de la incidencia de la enfermedad, en planta completa, sobre una colección de variedades, la cual

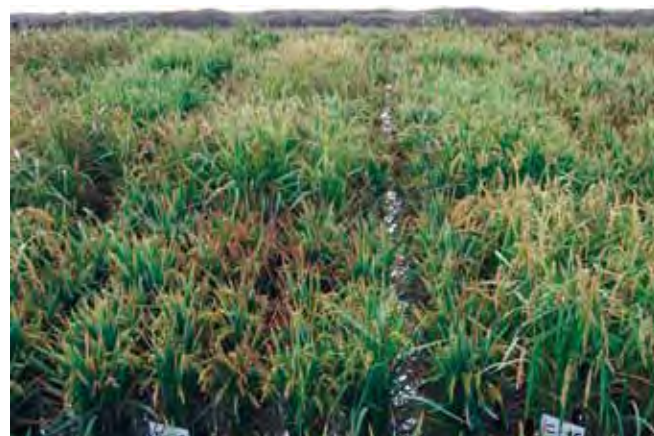


Fig. 8.14.- Ensayo RAEA sobre incidencia y severidad de Piricularia oryzae. Marismas del Guadalquivir

**Tabla 8.15.- Evolución del porcentaje de plantas con incidencia de *Pyricularia oryzae*.
Siembra 8 de junio de 2004. Casudis, Marismas del Guadalquivir.**

VARIEDAD	18 de agosto	27 de agosto	3 de septiembre	7 de septiembre	14 de septiembre	24 de septiembre
Baixet	39,7	68	82,3	98,3	100	100
Maratelli	30,7	40,3	51	59,3	85,3	98,8
Thainato	2,7	7,7	11	16	39,3	60,8
Galatxo	10,7	20	31	36,7	46,8	59,8
Hispagrán	0,7	3,7	5,7	17,3	31,8	54,8
Jacinto	3,3	7,7	14,7	17,7	25	40,8
Fonsa	0	2,3	6	9,3	25,8	40,8
Thaibonnet	0,3	3	7,7	10,7	20,8	35
Puntal	0,7	3,3	6,3	10,7	20	34
Susan	0,7	2,3	3,3	19,7	25	32,3
SYCR-86	5	11,3	15	17,7	22	31,3
Maso	0,3	2,7	15	19	23,8	28
SYCR-89	1,3	6,7	6,7	8,7	12,3	27,8
Puebla	0,3	3,7	4,6	7	16,8	25,3
Marisma	0,3	3,3	4,7	11	18,8	25
SYCR-90	0,3	0,3	3	10,3	15,3	24,3
Ullal	1	5	5	12,7	15,3	24
SYCR-72	0	0	6,3	8,3	13	24
Juan Sendra	0	0	2,3	9,7	15,3	22,8

**Tabla 8.16. Incidencia y severidad a *Pyricularia oryzae* de diversas variedades de arroz.
Media de tres años de ensayos (2001, 2002 y 2003). Finca Casudis. Marismas del Guadalquivir.**

Variedad	Incidencia (%)	Severidad (%)				
		Area foliar	Nudo	Cuello	Ligula	Total ponderada
Baixet	97,4	26,7	83,6	68,5	79,5	74,8
Maratelli	98,9	11,3	98,7	64,0	82,8	70,2
Thainato	89,9	13,4	65,9	83,8	75,7	69,4
Galatxo	82,2	13,7	64,6	76,7	66,8	65,7
Hispagrán	74,4	12,9	61,1	59,9	64,5	57,6
Jacinto	52,9	10,7	44,1	48,5	60,5	48,8
Fonsa	50,6	4,8	56,6	47,0	45,7	43,1
Puntal	51,5	5,7	48,2	33,0	80,3	39,8
Thaibonnet	48,2	6,5	38,1	41,7	41,9	38,6
Susan	45,8	5,5	48,8	39,3	32,6	41,6
Puebla	43,4	3,2	47,2	28,7	45,8	34,4
Maso	45,9	5,3	22,9	43,2	33,5	34,0
Marisma	32,3	1,5	32,7	27,3	25,2	28,9
Ullal	32,6	1,3	21,7	17,0	11,6	16,3
M.D.S. 95 %	6,9	2,1	6,9	7,4	6,3	4,7

Elaboración: M. Aguilar y colab.

sólo nos da una idea o estimación sobre su grado de susceptibilidad a piricularia. Mayor información refleja la Tabla 8.16, ya que además del porcentaje de incidencia en planta completa (% de plantas afectadas) se exponen los grados (%) de severidad en diversos órganos de la planta, bajo las condiciones del ensayo. La severidad de los ataques en las diversas partes de la planta varía, lógicamente, según la variedad. Se puede apreciar, por ejemplo, la alta susceptibilidad de Thainato tanto en cuello como en nudo. Puntal muestra una mayor severidad en nudo que Thaibonnet, ocurriendo lo contrario con relación al cuello de panícula. En la última columna se indica el porcentaje de severidad de infección de la planta en su conjunto, denominada severidad total ponderada, o media ponderada, que hemos calculado dándole mayor peso (doble valor) a las severidades de aquellos órganos que más afectan al rendimiento del cultivo (nudo y cuello de panícula) que a la severidad en hoja (área foliar y lígula).

2.2.- Resistencia a la enfermedad. Razas de piricularia.

Las variedades de arroz reaccionan de forma diferente a piricularia como consecuencia de la variabilidad genética del hongo, que es capaz de originar diferentes razas patogénicas (linajes o grupos de individuos dentro de la población de patógenos que se distinguen por su habilidad para infectar determinadas variedades de arroz). La aparición de nuevas razas es un fenómeno natural, aunque relativamente lento, en el que influyen los cambios significativos de las condiciones climáticas y de la práctica agronómica, especialmente la introducción y utilización de nuevas variedades de arroz. Cada raza ataca a aquellas variedades que no posean genes específicos de resistencia frente a ella.

La resistencia completa suele ser monogénica, es decir, la variedad posee un solo gen que controla eficazmente a una raza determinada del hongo. A los pocos años, con la aparición de nuevas razas, suele romperse (perderse bruscamente) esta forma de resistencia. La existencia exclusiva de pequeñas lesiones necrosadas es síntoma de un alto grado de resistencia (en variedades susceptibles, en cambio, aparecen estas diminutas manchas pero entremezcladas con otras de mayor tamaño). Una reacción de hipersensibilidad,

que causa la muerte rápida del tejido circundante, impide, paradójicamente, el progreso de la enfermedad (la extensión de la mancha), constituyendo otra forma de resistencia de la planta.

Se está trabajando para incorporar resistencia durable (que permanezca en el tiempo) a las variedades agronómicamente adaptadas a nuestras condiciones de cultivo. La resistencia durable (a medio-largo plazo) puede ser obtenida incorporando varios genes de resistencia a la variedad de arroz, los cuales, de forma combinada (conjunta o piramidal), le confieran resistencia a las diferentes razas de piricularia existentes en las Marismas. La resistencia durable (debida a varios genes) es una resistencia parcial, pero se expresa con la aparición de un menor número de lesiones (con baja esporulación, además), aventajando desde este punto de vista a la resistencia completa.

Los principales países productores de arroz tienen identificadas sus respectivas razas, muchas de ellas comunes a las de otros geográficamente cercanos. Conocer el grado de susceptibilidad a cada raza es de utilidad, por ejemplo, para estimar con antelación el comportamiento (y el posible interés) de una variedad extranjera que se pretenda introducir en nuestra zona arroceras. Por otro lado, variedades tolerantes a determinadas razas en su país de origen pueden ser susceptibles a otras existentes en Andalucía.

Por ello, nuestro Grupo de Investigación de Arroz (IFAPA) consideró importante conocer las razas de piricularia existentes en las Marismas, como una prioridad en la lucha contra este



Fig. 8.17. - Caracterización de razas de piricularia en laboratorio IFAPA-Centro "Las Torres-Tomejil"

patógeno. Los estudios se llevaron a cabo en base a 186 muestras (de hojas, nudos, lígulas o panículas) con síntomas de la enfermedad, tomadas a lo largo y ancho de la zona arrocerá, durante las campañas 1999, 2000, 2002 y 2003. De cada muestra se aisló una sola espora de piricularia (se realizó un aislamiento), la cual se multiplicó en laboratorio, para conseguir suficiente ADN (ácido desoxirribonucleico) de la misma. En el ADN se encuentran todos los genes de la espora aislada, incluidos los que determinan su grado de virulencia sobre cada una de las variedades de arroz. Cada espora porta sólo alguno de dichos genes de virulencia. Su conocimiento nos permitiría agrupar los 186 aislamientos en grupos homogéneos de ataque, es decir, en razas o linajes.

En términos científicos, para conocer la diversidad genética de los 186 aislamientos se utilizaron marcadores moleculares procedentes de la amplificación del ADN, mediante el método RAPD (Williams et al., 1980) y la reacción de la cadena polimerasa (PCR), la cual consiste en amplificar una porción de ADN con ayuda de unos oligonucleóticos de pequeño tamaño y secuencia aleatoria ("primers"). En la Fig. 8.18, se presenta el resultado de la amplificación del ADN de 36 aislamientos de piricularia. Con una flecha verde se representan algunas "bandas polimórficas", es decir, bandas no presentes en todos los aislamientos. Por lo contrario las "bandas monomórficas" están presentes en todos los aislamientos. Las bandas útiles para nuestro estudio son las polimórficas, que sirven para diferenciar un aislamiento de otro.

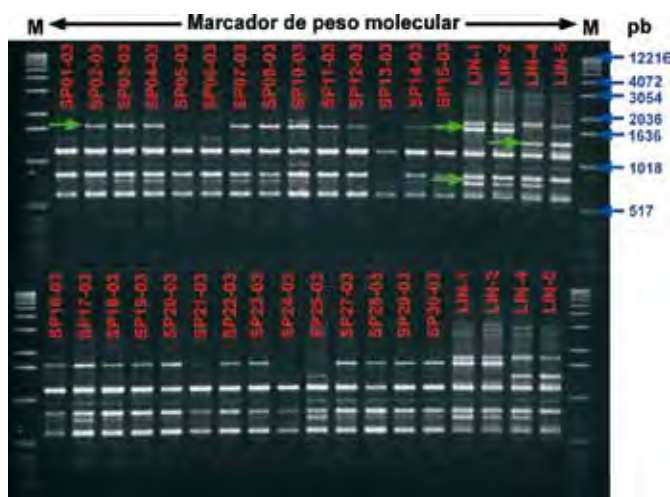


Fig. 8.18.- Patrones de bandas RAPD procedentes de la amplificación de 36 aislamientos de *Pyricularia oryzae* con el "primer" J13. (M. Aguilar y colab.)

Los aislamientos que comparten al menos un 80% de las bandas se consideran pertenecientes a un mismo linaje.

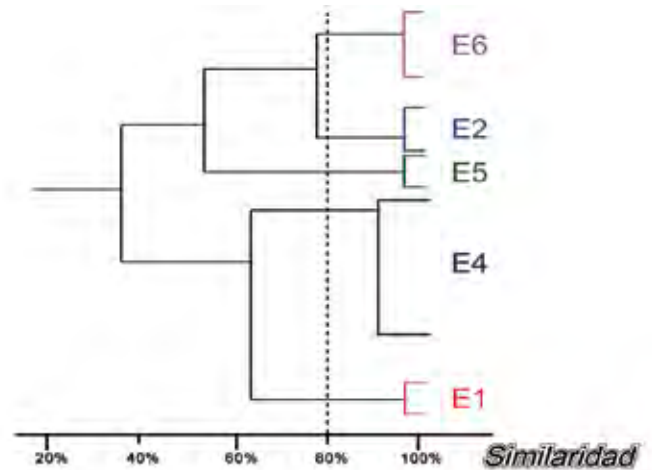


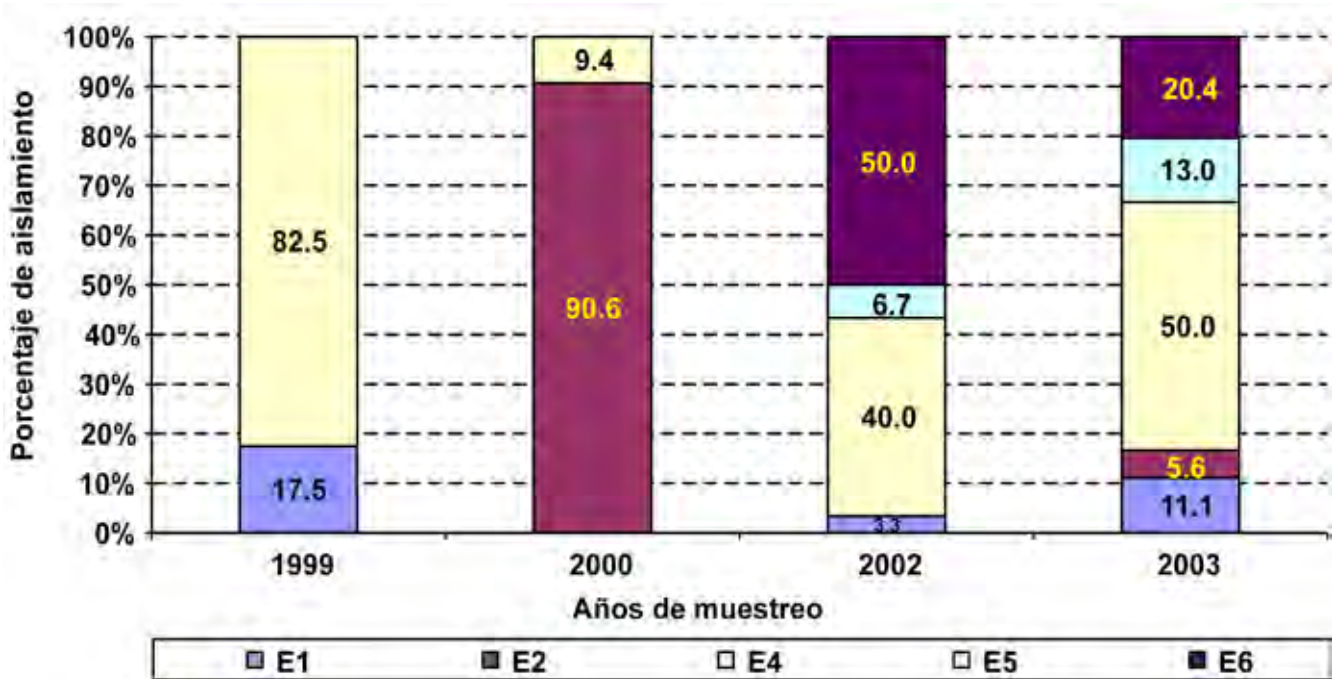
Fig. 8.19.- Diversidad de linajes de *Pyricularia oryzae* en el arrozal de las Marismas de Guadalquivir (M. Aguilar y colab.)

El dendrograma (diagrama en forma de árbol, Fig. 8.19) agrupó nuestros 186 aislamientos en cinco linajes: E1, E2, E4, E5, E6 (Los linajes europeos se nombran con la letra E, de Europa, seguida del número que la identifica). En nuestro análisis no se detectó el linaje E3, que solo se encuentra en los arrozales de Hungría. La primera rama del dendrograma (E6) está constituida por un grupo homogéneo de 41 aislamientos, la segunda (E2) por 35, E5 por 12, E4 por 91, y la quinta rama (E1) por 18 aislamientos. A mayor número de aislamientos mayor es la presencia del linaje en nuestros arrozales. Por otro lado, cuanto más corto es el camino de unión entre dos linajes (a través de las líneas negras del dendrograma) menores son las distancias genéticas (diferencias) existentes entre ellos; por ejemplo, existen menores diferencias genéticas entre E6 y E2 que entre E6 y E1.

El linaje E5 se describe por primera vez en España y el E6 en Europa. Probablemente E6 es específico (endémico) de Andalucía. En los arrozales de Francia e Italia, por ejemplo, también existen los linajes E1, E2, E4 y E5. Algunos de estos linajes están descritos en países de otros continentes (USA, Australia, etc.).

El linaje E4 está presente, con mayor o menor frecuencia, en los cuatro años estudiados (Fig. 8.20) por lo que parece estar bien establecido en

Fig. 8.20.- Evolución anual de la distribución de la razas de piricularia en las Marismas del Guadalquivir



(M. Aguilar y colab.)

el arrozal andaluz. Los linajes E5 y E6 fueron detectados a partir del año 2000, pudiendo estar su aparición relacionada con la introducción de nuevas variedades.

Una vez caracterizadas (conocidas) las razas de piricularia y su distribución, el siguiente paso es conocer cuáles son los genes que le confieren a la planta la propiedad de ser resistente a cada linaje específico. Con este fin se utilizó una

colección especial de variedades de arroz, denominadas “variedades diferenciales” que poseen genes “conocidos” de resistencia. Dicha colección, junto a las variedades Thaibonnet y Puntal, fue inoculada artificialmente en invernadero, de forma separada y aislada, con esporas de cada uno de los cinco linajes para conocer su reacción diferencial y los genes de resistencia a cada linaje. Los resultados obtenidos (Fig. 8.21) están sirviendo de ayuda en programas de mejora tendentes a

CULTIVARES	GENES DE RESISTENCIA	LINAJE				
		E1	E2	E4	E5	E6
AICHI ASAHI	Pi-a	□	■	■	■	◼
FUJISAKA-5	Pi-i Pi-k ⁵	◼	■	□	■	◼
FUKUNISHIKI	Pi-z Pi-sh	□	□	□	□	□
K 1	Pi-ta	□	□	□	□	□
K 59	Pi-t	◼	◼	◼	◼	◼
K 60	Pi-k ^P	□	□	□	□	□
KANTO 51	Pi-k	□	□	□	□	□
TSUYUAKE	Pi-k ^{III}	◼	◼	◼	◼	□
NIPPONBARE	Pi-sh	■	◼	■	◼	◼
NORIN 22	Pi-sh	■	◼	■	◼	◼
ISHKARI-SHIROKE	Pi-i, Pi-a	□	■	■	■	◼
SHIN 2	Pi-k ⁵ Pi-sh	■	◼	■	◼	◼
ST 1	Pi-f	■	□	■	□	◼
THAIBONNET	Desconocidos	□	◼	□	◼	□
PUNTAL	Desconocidos	□	◼	◼	◼	□

Fig. 8.21.- Reacción diferencial observada entre diferentes cultivares de arroz y el aislamiento más representativo de cada linaje. Cuadrado negro significa reacción totalmente susceptible. Cuadrado con la mitad o tercera parte negra significa reacción intermedia. Cuadrado con la esquina derecha negra indica una resistencia en la que aparecen pocas lesiones, sin esporular. Cuadrado totalmente blanco representa resistencia sin lesiones (M. Aguilar y colab.)

obtener variedades de arroz con mayor tolerancia a las razas de piricularia existentes en Andalucía.

2.3.- Ciclo de la enfermedad y de la infección

La fuente principal de infección la constituyen las esporas (conidias) y micelio que invernan principalmente en las manchas de los restos de rastrojo infectados. Con la llegada de temperaturas templadas y con alta humedad relativa dicho micelio esporula, produciendo conidias, que constituyen, en cualquier caso, la fuente primaria de infección. Otra fuente, mucho menos importante, son las esporas procedentes de semillas de arroz infectadas, las cuales se encuentran preferentemente en el interior de las glumillas. Parece ser que algunas malas hierbas infectadas son también focos primarios de inóculo.

La espora invernante es transportada por el agua de inundación y por el viento alcanzando la plántula de arroz. Una vez sobre la planta, inicialmente sobre los limbos de las hojas, comienza el ciclo de la infección, consistente en la germinación de la espora mediante la emisión de su tubo germinal, la formación de apresorios en el extremo de dicho tubo (con la función de adherirse mejor a la superficie del tejido foliar), la penetración a través de la cutícula y la epidermis (también por los estomas) mediante el tubo de infección, y finalmente la formación de los filamentos del hongo (hifas), algunos de los cuales (conidióforos) portan las nuevas conidias que infectaran por aire a otras plantas. Este ciclo puede repetirse muchas veces y acabar provocando una epidemia. En óptimas condiciones de humedad relativa y temperatura del aire, la duración del ciclo se reduce a sólo 5-6 días, con la emisión de 2.000-5.000 conidias por mancha foliar y día, especialmente durante la noche (con un período de esporulación cercano a una semana), lo que da idea del potencial multiplicador e infectivo de esta enfermedad. En condiciones poco favorables el tiempo requerido para la formación de una lesión o mancha aparente se prolonga hasta 2 ó 3 semanas, incluso llegando a detenerse el desarrollo del hongo si las condiciones ambientales no alcanzan el umbral necesario. El período de ciclos de infección, con sucesivas esporulaciones, se denomina fase de infección secundaria, siendo crítica para el desencadenamiento de la epidemia. El viento y las gotas de lluvia se encargan de diseminar las conidias, que

aunque pueden recorrer varios kilómetros, la mayoría caen a la parte baja de las plantas cercanas, con un radio de alcance de apenas 2 m. Sobre las hojas de disposición horizontal se depositan más esporas que en las de aquellas variedades de porte más erecto. La severidad de los ataques se ve favorecida por períodos nubosos largos o lluvias continuadas, y por la existencia de niebla o rocío. Los vientos suaves también favorecen la diseminación de las esporas. El ciclo de la enfermedad termina con la hibernación de las conidias, que como sabemos sucede principalmente en los restos vegetales infectados, dando comienzo un nuevo ciclo anual de la enfermedad.

Aunque las primeras lesiones en hoja pueden observarse a finales de junio (en la etapa de ahijamiento), normalmente los ataques del hongo se detectan en julio e incrementan su virulencia en agosto, con ataques a los nudos y al cuello de la panícula. Finalmente, la enfermedad puede alcanzar las panículas. Las lesiones de las hojas superiores producen las esporas que las infectan.

La infección es más fácil en tejidos blandos (como los limbos en expansión) y en la joven panícula, la cual puede ser atacada incluso antes del espigado. La panícula va incrementando su resistencia con la edad. Frecuentemente, pero no siempre, las variedades resistentes en estados tempranos de desarrollo lo son también durante su fase reproductiva y de maduración.

Para que se produzca la infección es necesaria la existencia de agua libre en la zona atacada. Las temperaturas óptimas para la germinación de la conidia (emisión del tubo germinativo) están en los 25-28° C, aunque la formación de los apresorios se ve favorecida por temperaturas algo más bajas (16-25° C). Con 24-25° C la infección se efectúa en sólo 8-12 horas, siempre que se mantengan las exigencias de humedad relativa durante todo este período, mientras que con 15-16° C es necesario casi el doble de tiempo. La temperatura óptima para la esporulación es de 25-28° C, no produciéndose con humedades relativas inferiores al 89% e incrementándose significativamente a partir del 93%. La mayor producción de conidias tiene lugar normalmente a los 3-8 días de aparecer la mancha, variando la duración de esta esporulación principalmente en función de las condiciones ambientales y de la variedad.

De forma resumida, las condiciones para que se produzca la infección son: existencia de inóculo (esporas); variedades susceptibles a la enfermedad; temperaturas entre 22 y 28° C; y presencia de agua libre (rocío) en las hojas. Dada la normal existencia de suficiente inóculo inicial y la utilización de variedades de escasa o mediana resistencia, el desencadenamiento y expansión veraniega de la enfermedad vienen básicamente determinados por las condiciones medioambientales (temperaturas moderadas y alta humedad relativa del aire). En nuestra zona arroceras la existencia de rocío al mediodía es síntoma de riesgo de infección; por el contrario, los vientos desecantes de Levante son el mejor fungicida, ya que detienen el ciclo de infección. El estado fenológico y sanitario de la planta, así como determinadas prácticas culturales (quema de rastrojos, empleo de semilla sana, densidad de plantas, manejo del agua, y sobre todo la fecha de siembra y la dosis de abonado nitrogenado), influyen también en el desarrollo de la enfermedad.

La mera presencia de ligeros síntomas puede ser una llamada de alarma para las variedades susceptibles, mientras que para las medianamente resistentes es necesario considerar las condiciones de humedad y temperatura, actuales y previstas, para evaluar su riesgo de ataque. Los tratamientos químicos son básicamente preventivos, inhibiendo la germinación de la conidia, penetración o esporulación del hongo. Su grado de eficacia y utilidad dependerá de las oscilaciones meteorológicas, que en buena parte decidirán el curso de la enfermedad. Con temperaturas y humedades relativas óptimas el riesgo será muy alto, especialmente si se prevé que perduren en las próximas horas. Si por algún motivo (por ejemplo, la existencia de vientos desecantes) se estima que no se cumplirán las condiciones ambientales, especialmente la persistencia del período de humedad necesario, el riesgo disminuye o incluso desaparece. La toma de decisiones se dificulta en situaciones intermedias dada la imprecisión, incluso a muy corto plazo, de las previsiones meteorológicas.

La utilización de cazaesporas (portaobjetos o espejos con glicerina donde quedan adheridas las conidias), colocados a diferentes alturas, con objeto de detectar el nivel de esporas a lo largo

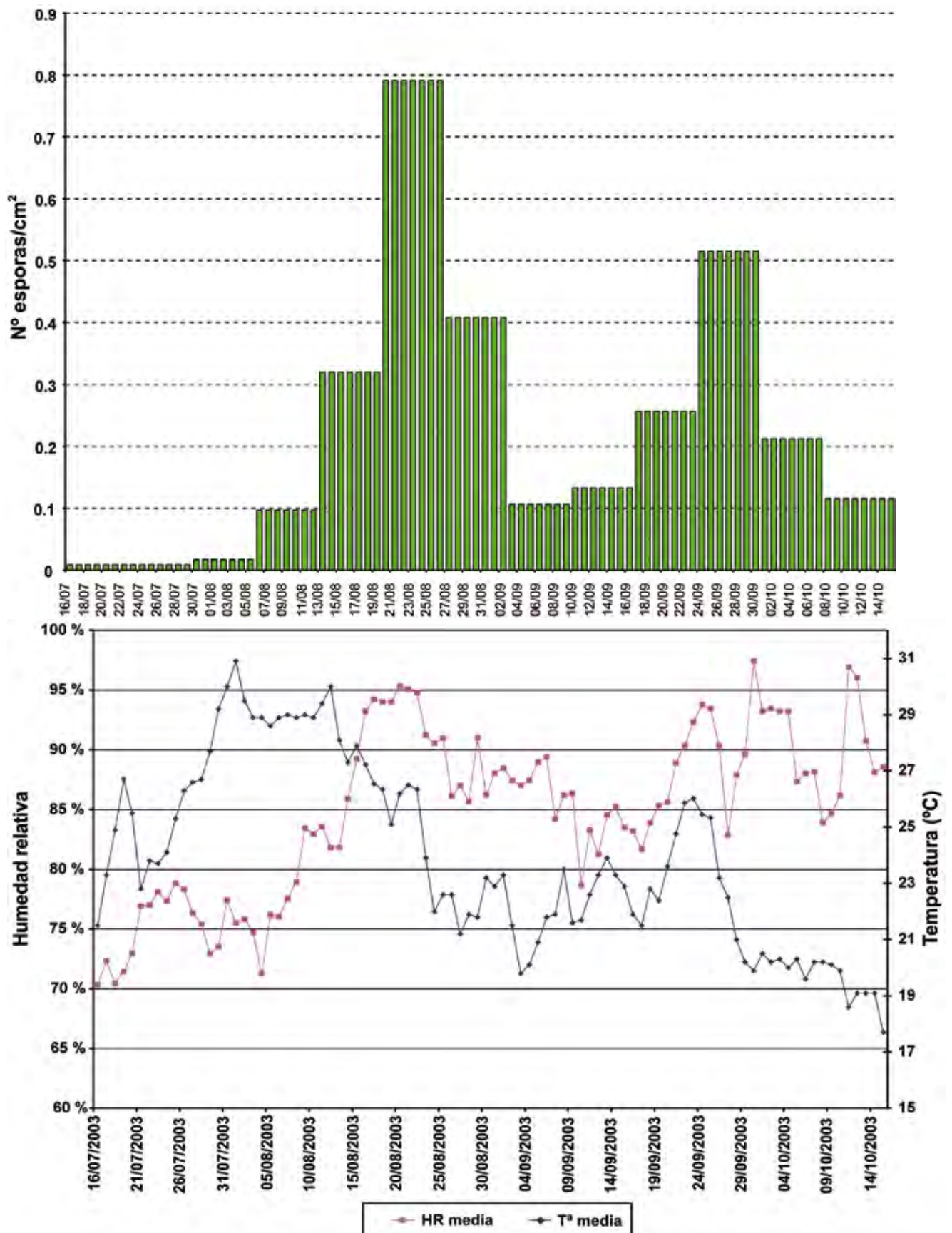
del verano (infecciones secundarias) sólo proporciona una información parcial sobre la cantidad de inóculo existente. De mucha mayor utilidad son los datos facilitados por los termohigrógrafos digitales. Es evidente que las temperaturas y, sobre todo, la humedad relativa del aire varían en función de la altura a la que se coloquen los sensores. Los termohigrógrafos deben situarse dentro del cultivo a la altura de las panículas. En esa ubicación la humedad relativa es algo mayor y los períodos por encima del 90% más prolongados que los facilitados por las estaciones meteorológicas convencionales.

En la Fig. 8.22 se muestran los resultados de un estudio sobre la influencia de las condiciones ambientales en el desarrollo de la enfermedad. El contenido de esporas de *P. oryzae* en el aire fue muestreado mediante colectores con dos niveles de trampas de adherencia, constituidas por portaobjetos de vidrio cubiertos de glicerina, a la altura de 20 y 70 cm con respecto al suelo. El recuento de esporas se realizó con un intervalo de tiempo de 2 días a partir del día en que se realizó el transplante. Las condiciones climáticas fueron registradas mediante termohigrógrafos digitales colocados a 90 cm del suelo, los cuales se encontraban continuamente registrando datos de humedad absoluta y relativa, y temperatura máxima y mínima.

Se pueden observar dos incrementos de humedad relativa a lo largo del ciclo del cultivo ocasionados por la presencia de vientos dominantes del sudoeste, húmedos y fríos por su procedencia atlántica. Estos incrementos de humedad relativa, unidos al descenso de temperatura media alcanzado a partir de mediados de agosto, favorecieron la aparición de rocío y nieblas, propicias para la infección del patógeno. Teniendo en cuenta que los primeros síntomas en hoja aparecieron a finales de julio, cuando el cultivo se encontraba en estado fenológico de ahijado medio, podemos pensar que dicha infección primaria, junto con las condiciones meteorológicas favorables, fueron las causantes del incremento de esporas en el aire y de su propagación en el tiempo.

El nivel máximo de conidias capturadas fue de 0,8 / cm², alcanzado entre el 20 y el 25 de agosto, período al que se anticipó un incremento de humedad relativa de hasta el 95% y una tem-

Fig. 8.22.- Evolución del número de conidias de piricularia / cm², de la temperatura y de la humedad relativa del aire. Finca Sartenejales. Marismas del Guadalquivir, 2003.



Elaboración: M. Aguilar y colab.

peratura media de 26° C. El número de esporas decreció con el tiempo alcanzando un segundo máximo con 0,5 conidias / cm², entre el 25 y 30 de septiembre, período al que se anticiparon condiciones óptimas para ocasionar la infección. Estos niveles de esporas, junto con las condiciones climatológicas favorables, hicieron posible que a principios de octubre, cuando el arroz se encontraba iniciando el llenado de los granos, se alcanzara la máxima sintomatología ocasionada por piricularia, produciendo lesiones en diversas zonas de la parte aérea de la planta. Las lesiones sobre hojas, aurículas y lígulas suministraron conidias para la infección de las panículas. Por otro lado, se observó un rápido incremento de conidias durante el espigado.

Resultados similares se alcanzaron en la campaña 2002. En ambas campañas se encontró una relación entre las condiciones climatológicas y el número de esporas de piricularia capturadas del aire, así como entre el contenido de conidias en aire y el desarrollo de la enfermedad. Bajo las condiciones de nuestros ensayos, el uso de colectores de esporas con porta objetos colocados horizontalmente para capturar conidias puede ser de interés en estudios epidemiológicos.

En este mismo estudio (2002-2003) registramos la evolución de las lesiones “activas” (no

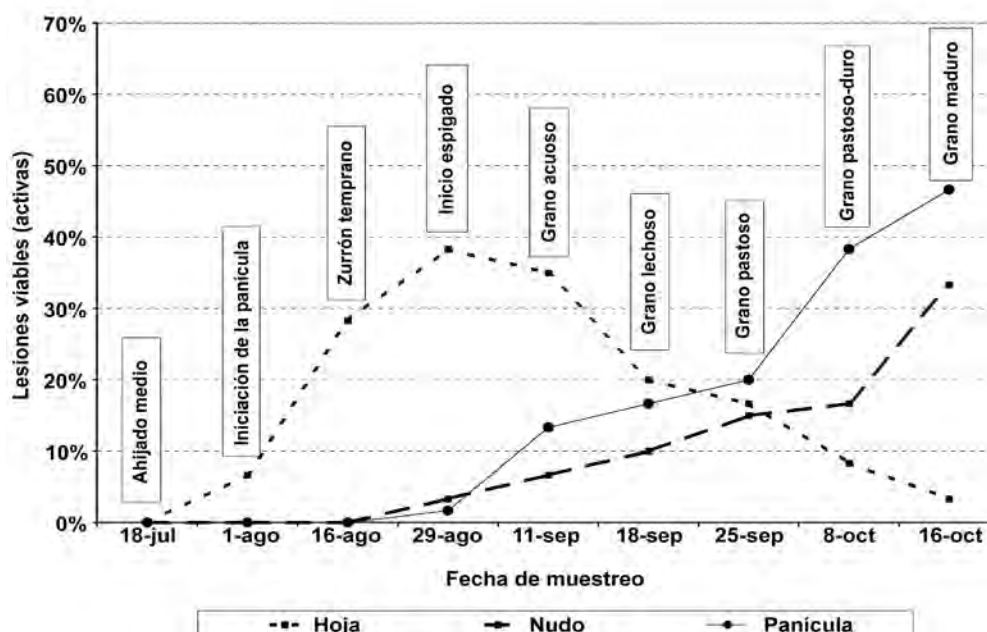
mueratas) en hoja, nudo y panícula (Fig. 8.23). Las manchas activas son aquellas en las que la enfermedad sigue progresando.

En estos dos años de ensayos, el porcentaje de lesiones foliares infecciosas (activas) se incrementó hasta principio de espigado, momento a partir del cual fue decreciendo; por el contrario, las lesiones en lígula y panícula continuaron incrementándose hasta el estado de madurez del grano, superando al porcentaje de manchas activas en hoja. Se evidencia que el desarrollo de la enfermedad está influenciado por el estado fenológico del cultivo, las condiciones climáticas y la concentración de esporas en el aire.

2.4.- Control agronómico y químico

Para disminuir el riesgo e intensidad de los ataques de piricularia es necesario llevar a cabo determinadas prácticas culturales que, a veces, han de combinarse con la aplicación de tratamientos fungicidas. Las prácticas de cultivo influyen sobre el porcentaje de plantas atacadas (incidencia) y sobre la gravedad de los daños en la planta (severidad). La utilización de variedades poco susceptibles, la siembra temprana y una correcta aplicación del abonado nitrogenado son las medidas más recomendables. Es conveniente la destrucción de los rastrojos y malas hierbas que

Fig. 8.23.- Evolución de lesiones “activas” de piricularia en diversos órganos de la planta de arroz



albergan los inóculos iniciales. Se debe, además, evitar densidades excesivas de plantas (derivadas de elevadas dosis de siembra), ya que disminuyen la aireación y provocan un aumento de la humedad relativa, además de alargar el ciclo del cultivo.

En siembras tardías la fase final del ciclo vegetativo de la planta suele coincidir con las condiciones ambientales más favorables para el desarrollo de la enfermedad. En siembras tempranas el estado de zurrón suele coincidir con temperaturas inferiores a las óptimas para el desarrollo de la enfermedad.

El exceso de abonado nitrogenado incrementa muy significativamente la incidencia y severidad de la enfermedad. Por ello es más probable encontrar focos de piriculariosis donde la abonadora da la vuelta, lugares donde suele caer más nitrógeno. Deben evitarse, especialmente, las aplicaciones en cobertera superiores a 40-45 kg N/ha con posterioridad al estado fenológico de diferenciación de la panícula. El exceso de nitrógeno debilita las células de la epidermis facilitando la penetración del hongo. El fósforo no tiene un efecto apreciable, salvo que su carencia o exceso debilita a la planta o alargue su ciclo. El potasio ejerce también poca influencia sobre el desarrollo de la enfermedad, aunque su carencia lo favorece. Parece ser que el silicio endurece la membrana de las células de la epidermis, la cual actúa como una barrera física a la entrada del hongo.

Los estrés de sequía, frecuentes en otras zonas arroceras, que someten el cultivo a varias "secas", así como la retirada demasiado temprana del agua de la tabla para cosechar, aumentan la susceptibilidad a piricularia debido a que el agua de la parcela acumula calor durante las horas de sol y lo cede a la atmósfera durante la noche retardando la formación del rocío, indispensable para la infección.

Los primeros focos suelen observarse en las planteras (alta densidad de plantas), en los rodales más densos y/o con exceso de nitrógeno y en las áreas próximas a la entrada de agua, de mayor fertilidad. Es conveniente erradicar estos focos y retirar las plantas sobrantes de las planteras infectadas.

Los tratamientos químicos contra piricularia suelen realizarse a partir del estado de zurrón

avanzado-inicio de espigado o incluso antes, en el caso de existir condiciones ambientales apropiadas para el desarrollo de la enfermedad o se hubieran detectado los primeros focos. Dependiendo del producto comercial, el plazo de protección oscila entre 2 y 4 semanas, raramente más. En variedades y zonas sensibles puede convenir efectuar



Fig. 8.24.- Tratamiento aéreo contra *Pyricularia oryzae* (J. M. García Cano)

2 ó 3 aplicaciones. En estado pastoso, con una humedad cercana al 30% el grano de arroz ya ha alcanzado su máximo contenido en materia seca, por lo que tratamientos fungicidas posteriores no afectan a la producción.

La mayoría de las materias activas empleadas son de carácter sistémico con translocación apical; es decir, gran parte del producto es transportado en dirección ascendente por el interior de la planta. Es necesario mojar bien el cultivo. Los tratamientos terrestres emplean más presión y volumen de caldo (200-250 l/ha), penetrando y alcanzando las partes más bajas, donde se encuentran la mayoría de las conidias (incluso hasta la hoja bandera menos 5, HB-5); en cambio, por avión, se daña menos el arroz y se gana en rapidez y comodidad. Las aplicaciones aéreas, algo menos



Fig. 8.25.- Tractor provisto de ruedas más altas para tratar piricularia. (J. M. García Cano)

penetrantes, raramente superan los 100 L/ha de caldo y suelen efectuarse antes del mediodía, con poco viento y buena temperatura. El empleo de tractores especiales, con ruedas altas y delgadas, cuyo desplazamiento hace menos daño al cultivo que los tradicionales, está muy poco extendido.

Las materias activas permitidas contra este hongo más utilizadas (Tabla 8.26) en producción integrada en Andalucía son: Triciclazol (Bim, Auriga, Fussione, etc.), Tebuconazol (Folicur), Procloraz (Octagon), y Carbendazima + Flusilazol (Punch). Algunos fungicidas no pueden ser aplicados en la zona de influencia del Parque Nacional de Doñana. Varios de ellos son polivalentes, con efecto adicional contra *heminthosporium* y/o *esclerotium*.

Debido al carácter variable de los ataques de piricularia (tanto en el tiempo como en el espa-

Tabla 8.26.- Tratamientos usuales contra *Pyricularia oryzae*.

Momento de aplicación	Materia activa (%)	Producto comercial	Dosis / ha
Desde estado de zurrón tardío hasta el de grano pastoso	Triciclazol 75%	Bim/Auriga /Fussione	0,30 kg
	Tebuconazol 25%	Folicur*	1 l
	Procloraz 40-45%	Atlas 40/Octagon*	1 l
	Carbendazima 12,5+Flusilazol 25%	Punch CS*	0,5 kg
	Triflumizol 30%	Trifmine*	0,33 kg
* Fungicida de amplio espectro (control adicional de <i>Heminthosporium oryzae</i>)			
El Triciclazol, actualmente prohibido, probablemente volverá a ser comercializado en la campaña 2010 ó 2011.			
Materias activas, formulados, y dosis más usuales. Las aplicaciones aéreas, mucho más frecuentes, suelen realizarse a razón de 100 litros por ha, mientras que las terrestres suelen llevarse a cabo con dosis de 100-200 litros por ha.			

Elaboración: M. Aguilar y colab

cio), a la aparición de rodales de infección y a la ineficacia de las inoculaciones artificiales al aire libre, la realización de los ensayos de campo se ve condicionada a llevarse a cabo en grandes parcelas sometidas a inoculaciones naturales. Durante el año 2003 se realizó un ensayo (Tabla 8.27) para evaluar la eficacia de distintos productos comerciales contra piricularia. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones, con parcelas elementales de 15 x 210 m (2250 m²), flanqueadas por otras de 20 m de ancho para evitar el posible solape de los fungicidas, que fueron aplicados por avión, al inicio de espigado, a razón de 100 L / ha. El concepto de severidad total ponderada fue definido anteriormente, en el apartado sobre síntomas y daños. La severidad relativa (%) para cada fungicida es el cociente entre su severidad total ponderada y la del testigo sin tratar, que se toma de referencia. La eficacia (%) de cada fungicida resulta de restar del 100% su porcentaje de severidad relativa, indicando su eficacia en la reducción de los síntomas de la enfermedad con relación al testigo. Lógicamente, la eficacia es nula en el testigo sin tratamiento.

En este ensayo (la Abundancia, 2003) se obtuvieron diferencias significativas entre los productos fungicidas en cuanto a la incidencia y las severidades en los distintos órganos de la planta, así como en relación con su eficacia en la reducción de los síntomas de la enfermedad, aunque es de destacar que no se alcanzaron diferencias significativas en el rendimiento en grano entre los distintos tratamientos, incluido el testigo, a causa, probablemente, del bajo nivel de ataque de piricularia en las condiciones ensayadas. Resultados parecidos obtuvimos en el ensayo de la Abundancia de 2004, con la variedad Puntal; en cambio se detectaron diferencias significativas en rendimiento en Casudis (2004) con la variedad Thainato, y un mayor nivel de infectación del hongo (Tabla 8.28).

Sería conveniente incrementar los conocimientos actuales sobre la eficacia y momentos de aplicación de los diversos fungicidas en condiciones de epidemia severa. El carácter variable de los ataques de este hongo, tanto en el tiempo como en el espacio, dificulta la realización de los ensayos de campo (algunos años no se logra un ataque significativo del hongo a las parcelas ex-

Tabla. 8.27.- Eficacia fungicida en el control de *Pyricularia oryzae* sobre la variedad Puntal.
Finca La Abundancia. Marismas del Guadalquivir, 2003.

Tratamiento	Incidencia (%)	Severidad (%)					Severidad relativa (% al testigo)	Eficacia fungicida (%)	Producción kg/ha al 14 % humedad
		Area Foliar	Nudo	Cuello	Ligula	Total ponderado			
BIM	18,0	2,2	7,1	0,5	9,7	5,7	30,6	69,4	9429
FUJI-ONE	21,8	2,4	9,2	1,2	12,9	7,1	38,2	61,8	9323
OCTAGON	24,0	2,4	10,1	3,1	14,9	8,2	44,1	55,9	9216
PUNCH	28,3	3,0	13,9	3,0	14,4	9,8	52,7	47,3	9169
KASUMÍN	27,8	2,9	15,1	3,6	17,0	10,4	55,9	44,1	9146
TESTIGO	48,5	4,0	25,0	11,9	24,3	18,6	100,0	0,0	9062
MDS 95%	1,69	0,47	3,45	3,13	4,40	2,24	9,50	10,07	583

Tabla 8.28.- Respuesta productiva de la variedad Puntal a distintos tratamientos fungicidas contra *Pyricularia oryzae*.
Fincas Casudis y la Abundancia, 2003.

Tratamiento	Casudis		La Abundancia	
	Peso (g) de 1000 granos	Producción kg/ha 14% humedad	Peso (g) de 1000 granos	Producción kg/ha 14% humedad
BIM	29,3	6679	22,3	10334
FOLICUR	29,9	6897	21,9	9919
KASUMIN	29,2	6492	21,0	9973
OCTAGÓN E	29,2	6166	21,7	9745
PUNCH	29,1	6862	21,7	10035
TESTIGO	28,7	5803	20,6	9733
MEDIA	29,3	6,483	21,5	9,914
C.V.	1,2	4,4	1,5	1,6
MDS (95%)	N.S.	516	0,6	288

Elaboración: M. Aguilar y colab.

perimentales). Las inoculaciones artificiales, en campo y en invernadero, son muy laboriosas y los resultados alcanzados sólo tienen un valor orientativo para el gran cultivo.

La aplicación reiterada de una materia activa determinada puede propiciar la selección y consiguiente incremento de las razas de piricularia más tolerantes a dicha materia. Para minimizar este riesgo de aparición y desarrollo de razas de piricularia aún más patológicas (dañinas) para el cultivo es recomendable alternar o cambiar, de vez en cuando, de materia activa.

3.- *Sclerotium oryzae* (podredumbre de la base del tallo)

Enfermedad frecuente del arrozal andaluz, con notable nivel de infección, aunque las pérdidas raramente superan el 4-6% del rendimiento potencial del cultivo.

El hongo inverna en forma de esclerocios, que pueden sobrevivir durante varios años libres en el suelo, aunque lo hacen principalmente sobre los restos de cosecha (paja) infectados. Un esclerocio es una masa compacta y endurecida de micelio, de forma esférica y color negruzco, apreciable a simple vista. Tras la inundación inicial de la parcela, los esclerocios flotan e infectan a las plántulas de arroz justo al nivel de la superficie del agua. Al variar el nivel de la lámina de agua a lo largo del cultivo varía de igual modo la altura de infección, que ocurre entre los 15-40° C, aunque la temperatura óptima se encuentra en los 25-28° C.

Los primeros síntomas aparecen en forma de pequeñas e irregulares lesiones oscuras o ne-

gruzcas en las vainas de las hojas, a la altura del nivel del agua, normalmente a mediados del período de ahijamiento. Las lesiones aumentan de tamaño y van penetrando hacia el interior del tallo conforme avanza el ciclo del cultivo. Las vainas más exteriores (incluso el tallo en caso de infección severa) pueden llegar a pudrirse. El hongo forma un micelio blanco-grisáceo, de aspecto algodónoso, que progresivamente va tomando un color negruzco. De este modo acaban formándose numerosos y diminutos esclerocios empotrados en los tejidos de las vainas y tallos atacados, fácilmente distinguibles al seccionar el tallo.

El hongo produce también esporas asexuales (conidias), muy raramente sexuales (ascosporas), que sirven de inóculo adicional, aunque la forma primaria y principal de dispersión de la enfermedad es mediante esclerocios, siendo mucho menos importantes las infecciones foliares por conidias. En estado conidial el hongo recibe el nombre de *Nakatea sigmoidea* o *Helminthosporium sigmoidea*, según autores. En su estado sexual se denomina *Magnaporthe salvinii* o *Leptophaeria salvinii*. En estado esclerocial, el más importante, se reconoce como *Sclerotium oryzae*.

Los esclerocios empiezan a formarse y detectarse cuando el arroz empieza su fase de maduración, aunque el crecimiento del hongo y la formación de esclerocios continua hasta después



Fig. 8.29.- Los síntomas iniciales de *sclerotium* son pequeñas lesiones oscuras sobre la vaina a la altura del nivel del agua. Se aprecian algunos esclerocios



Fig. 8.30.- Podredumbre de la base del tallo

de la cosecha, sobre el rastrojo no incorporado, mientras las condiciones ambientales sean favorables.

La podredumbre basal del tallo acarrea un incremento del encamado, del número de granos vacíos y yesosos, así como la disminución del tamaño y peso de la panícula. La paja se marchita antes de que la panícula haya madurado completamente. En caso de ataques tempranos y muy severos, impropios de nuestras condiciones, puede ocasionarse aborto panicular e incluso la muerte de los tallos afectados. Las infecciones tardías son menos dañinas, pero contribuyen a la producción de inóculo y a futuras pérdidas de cosecha y calidad de grano en las siguientes campañas.

La incidencia y severidad de esta enfermedad esta correlacionada, entre otros factores, con la cantidad de esclerocios existentes antes de la siembra en la capa superficial del suelo. Cuanto más tempranos sean los ataques, mayores serán las pérdidas de rendimiento. Quemar la paja infectada es la práctica más efectiva para reducir la infección en próximas campañas. Cosechar con el corte cercano al suelo y sacar (empacar) la paja también es eficaz aunque no rentable en la actualidad. El enterramiento o incorporación profunda del rastrojo, picado o no, donde sea posible, reduce la viabilidad del inóculo. Las prácticas culturales deben orientarse a no favorecer el desarrollo de la enfermedad. En este sentido deben evitarse las dosis elevadas en los abonados nitrogenados y fosfóricos, así como las altas densidades de plantas. El terreno seco durante el invierno reduce la viabilidad de los esclerocios. Aplicaciones tardías o excesivas de ciertos herbicidas provocan heridas y debilidad a la planta de arroz, a la que hacen más susceptible a esclerotium. Aunque ninguna variedad es completamente resistente a este hongo, existen diferentes grados de susceptibilidad.

Es lógico suponer, aunque no se han caracterizado por ahora en Andalucía, la existencia de diversas razas de *S. oryzae*, con distinta virulencia sobre nuestras variedades de arroz. Aunque algunas materias activas se han mostrado eficaces, no se aplican fungicidas exclusivamente contra esclerotium.

Mucho menos frecuente y dañina es la especie *Sclerotium hydrophilum*, presente en las Marismas, fácilmente distinguible de la anterior

dado que sus esclerocios son algo mayores, menos redondeados y de color marrón oscuro, en vez de negros.

4.- *Helminthosporium oryzae* (helminthosporium)

Es una enfermedad frecuente, aunque no causa daños significativos al arrozal. En las últimas campañas se ha apreciado un incremento de su incidencia.

La fuente primaria de inóculo es la propia semilla de arroz, principal fuente de transmisión de la enfermedad, aunque, en menor grado, el hongo puede invernar en el rastrojo infectado, incluso en restos de algunas malas hierbas susceptibles. La primera infección proviene principalmente de las esporas adheridas a la semilla, que pasan a la plántula. Durante la germinación la semilla de arroz se recubre de una especie de halo o pelusilla negruzca compuesta por las esporas y el micelio del hongo.



Fig. 8.31.- Esporas de *Helminthosporium oryzae*

Posteriormente, el hongo se multiplica produciendo conidias que, transmitidas por el viento y en menor proporción por el agua, constituyen la infección secundaria, causante de la mayor parte de las manchas en hojas y granos. La infección se realiza mediante la emisión de un tubo germinativo, la formación de apresorios y la posterior penetración del hongo en la epidermis de la hoja.

Aunque la enfermedad se puede desarrollar en jóvenes plántulas, infectando sus raicillas y coleóptilo, disminuyendo así su vigor, es relativamente poco frecuente la aparición de síntomas en



Fig. 8.32.- *Helminthosporium oryzae*. Manchas en hoja

estas primeras etapas de crecimiento. Es al final del ciclo del cultivo cuando los síntomas son más patentes, principalmente en las hojas, aunque también pueden mostrarse en la panícula.

Al principio las manchas en hojas aparecen como ligeras puntuaciones necróticas de color marrón, que al ir desarrollándose se vuelven elipsoidales o subrectangulares con bordes difusos, para más tarde pasar a ser circulares u ovals, de medio centímetro de diámetro y color marrón oscuro (achocolatado), y menos frecuentemente gris o púrpura, pudiendo variar el tamaño y color según la variedad cultivada. Más tarde, con el desarrollo de las conidias, aparece un punto central más claro y un margen amarillento alrededor de la mancha. Los síntomas son muy característicos, lo que facilita la identificación de esta enfermedad, aunque se parecen a los provocados por carencia de potasio (impropia de nuestros suelos). Las manchas suelen estar distribuidas uniformemente por la superficie foliar. Son parecidas a las pequeñas de piricularia, que normalmente son más alargadas e irregulares. Muy raramente esta enfermedad acarrea la muerte de la hoja. *Helminthosporium* no suele afectar ni al tallo ni a los nudos.

En las glumillas (cascarilla) aparecen pequeñas manchas pardo-negruczas que raramente penetran en el grano, las cuales pueden llegar a cubrirlas totalmente, provocando pequeñas pérdidas de peso y calidad, así como aumentando

el porcentaje de yesosos. Con menos frecuencia aparecen síntomas en el raquis de la panícula.

Las infecciones se desarrollan con temperaturas entre 16 y 36° C, situándose el intervalo óptimo entre 22 y 30° C. Aunque la existencia de agua libre en la superficie de las hojas favorece el desarrollo del hongo, las infecciones tienen lugar a partir de humedades relativas del aire cercanas

Tabla 8.33.- Porcentaje de superficie foliar y cuellos de panícula afectados por *Helminthosporium oryzae*. Puebla del Río (Sevilla), 2006

	Variedades	Superficie foliar afectada (%)	Cuellos de panícula afectados (%)
Variedades híbridas	SYCR-86	22	0
	SYCR-602	22	0
	SYCR-90	12	0
	SYCR-601	20	0
	SYCR-580	27	0
	SYCR-128	27	2
	SYCR-581	27	23
	SYCR-582	32	0
Variedades convencionales	THAINATO	33	7
	BAIXET	5	5
	GALATXO	45	40
	FONSA	23	32
	DELTA	45	33
	SUSAN	60	73
	MARISMA	42	23
	J.SENDRA	27	32
	PUNTAL	25	15
	BENISANT	25	50
	GLEVA	28	37
	THAIBONNET	30	10
	BENDRET	28	37
MASO	28	27	

Elaboración: M. Aguilar y colab.

al 90% (tomadas a la altura de la planta). Esta exigencia de humedad limita los ataques en nuestras condiciones de cultivo, sobre todo en los veranos calurosos y secos.

Helminthosporium es propia de arrozales que sufren desequilibrios nutricionales o fisiológicos, que debilitan a la planta y la predisponen a su infección, por lo que su mejor control consiste en la realización de correctas prácticas culturales. Los rodales con excesiva densidad de plantas son más propensos a la enfermedad. Los tratamientos químicos de la semilla reducen significativamente el ataque a plántula. Las pulverizaciones foliares disminuyen las infecciones secundarias, aunque en nuestras condiciones son poco frecuentes. Existen diferencias varietales en la susceptibilidad a esta enfermedad (Tabla 8.33).

En su estado conidial (el más importante) *Helminthosporium oryzae* también se denomina *Dreschlera oryzae* o *Bipolaris oryzae*, según autores. En su estado sexual (poco significativo en campo) este hongo produce ascosporas y recibe los nombres de *Cochliobolus miyabeanus* u *Ophiobolus miyabeanus*, debido a la producción de una toxina denominada ofiobolina.

En las Marismas del Guadalquivir existen otras especies de *helminthosporium* (*H. cynodontis*, *H. hawaiiensis*, *H. biseptata* y *H. sorokiniana*), siendo predominante la especie *H. oryzae*.

5.- Otras enfermedades

Su presencia es testimonial y de escasa o nula importancia económica. A continuación se describen las más destacables.

5.1.- *Fusarium* sp.

Al menos 4 especies de *fusarium* se encuentran en nuestros arrozales: *F. culmorum*, *F. moliniforme*, *F. semitectum* y *F. equiseti*. Las dos primeras parecen ser las más abundantes.

Pueden atacar a las semillas del arroz durante su germinación y reducir la densidad de plántulas. Posteriormente afectan al pie de la planta, a la altura del nivel del agua, apareciendo inicialmente manchas negruzcas y las consiguientes eflorescencias blanquecinas constituidas por el micelio del hongo. Estos síntomas suelen aparecer en etapas muy avanzadas del desarrollo del



Fig. 8.34.- Síntomas de *fusarium* en la base del tallo (J. M. García Cano)

cultivo, normalmente después del espigado, provocando la podredumbre de la base de la planta y su posterior marchitamiento. A veces los daños de *fusarium* se suman a los de *esclerotium*. La panícula también puede verse afectada, adquiriendo las espiguillas un color blanquecino con tonalidades rosas, o menos frecuentemente rojizas, debido a la esporulación del hongo. El inóculo puede invernar en el suelo, donde permanece durante varios años sobre restos vegetales infectados, y/o en la semilla, constituyéndose ambos en fuentes de infección primaria.

En su estado sexual *F. moliniforme* se denomina *Gibberella fujikuroi*, que provoca “gigantismo” en las plantas de arroz afectadas, las cuales se decoloran, adquiriendo un color verde claro o pálido, y crecen desmesuradamente por encima de las plantas sanas (Fig. 8.35). El hongo produce la hormona de crecimiento giberelina, responsable de dicho alargamiento exagerado. Poco después las hojas se enrollan longitudinalmente y sufren un rápido marchitamiento. Los nudos basales del tallo suelen emitir raíces adventicias. Si la plántula sobrevive hasta la madurez suele padecer un alto grado de esterilidad. En Filipinas se utiliza el término “arroz macho” para describir estos síntomas, dado que la panícula, al portar granos vacíos, permanece erecta. Distintas razas de este hongo producen efectos más o menos severos. Esta enfermedad, rara en Andalucía, se ve favorecida por las altas temperaturas, por lo que es más probable lograr observarla en veranos muy calurosos.

En un ensayo RAEA (Rincón de los Lirios, Isla Mayor, 2002) con 14 variedades, en una campaña con una incidencia relativamente alta de “gi-



Fig. 8.35.- Gigantismo del arroz

gigantismo”, el porcentaje de plantas con síntomas de esta enfermedad, en las variedades más afectadas (Marisma, Maso y Galatxo), sólo llegó a alcanzar el 3-4%. Sembrado el 25 de mayo, los primeros síntomas visibles aparecieron entre el 17 y 23 de junio. Entre el 8 y el 14 de julio la mayoría de las plantas afectadas empezaron a secarse. Dos semanas más tarde observamos que el 80% de las plantas afectadas estaban totalmente secas, continuando el resto su desarrollo. De este 20%, la mayor parte de las plantas terminaron secándose en los siguientes 10 días. Sólo un cinco por ciento de las inicialmente afectadas por gibberella completaron su ciclo vegetativo, aunque con panículas irregulares, alto porcentaje de granos vacíos y mayor tendencia al desgrane. La maduración de las escasas plantas supervivientes se anticipó, es decir, acortaron su ciclo vegetativo. Dado el bajo porcentaje de plantas afectadas, gibberella no disminuye significativamente el rendimiento en grano, aunque “afea” la uniformidad del cultivo, lo cual desagradaba al agricultor y al vendedor de semilla.

La desinfección química de la semilla y el uso de cultivares poco susceptibles pueden reducir la incidencia y severidad de los daños. En un experimento llevado a cabo en las Marismas del Guadalquivir (finca Casudis, 2002), sobre la variedad Thainato, ensayamos tres tratamientos (T) de desinfección de semillas contra gibberella consistentes en una solución acuosa al 6% de lejía comercial en la que se sumergió la semilla durante dos horas (T₁), una solución al 0,27% de Vitavax Flo (Carboxina 20% + Tiram 20% p/v) en la que se mantuvo la semilla durante 24 horas (T₂), una solución de Dithane Flo (Mancozeb 45%) en la que

se sumergió la semilla durante 22 horas a razón de 194 cm³ de solución por kg de semilla tratada (T₃), y el testigo, sin tratar. En las parcelas tratadas hubo un número significativamente inferior de plantas afectadas por gigantismo que en la parcela testigo. Los mejores controles se alcanzaron con los T₁ y T₂.

5.2.- *Rhizoctonia oryzae-sativae*

Al igual que *Sclerotium oryzae*, inverna en forma de esclerocios en el suelo y en restos vegetales infectados. Los esclerocios flotan e infectan las vainas inferiores a la altura del nivel del agua durante el período de ahijamiento, pudiendo apreciarse, como síntomas primarios, manchas irregulares de color gris verdoso o pajizo rodeadas por márgenes marrones. El centro de la lesión acaba necrosándose. Las manchas pueden llegar a unirse y ocupar buena parte de la superficie de la vaina de la hoja. Este tipo inicial de manchas foliares es fácilmente distinguible de las descritas para esclerotium, más pequeñas y oscuras.

En condiciones favorables (alta humedad y temperaturas templadas) la enfermedad progresa, extendiéndose a los limbos y alcanzando incluso la hoja bandera y la panícula. Las hojas amarillean y mueren, se incrementa el encamado, pudiendo llegar a morir la planta. En nuestras condiciones esta enfermedad es muy poco frecuente, aunque se han identificado algunos casos en plantas aisladas de variedades tipo índica. Los métodos de control son similares a los descritos para la podredumbre basal del tallo.

5.3.- “Enrojat”

Es una enfermedad vírica que tuvo importancia en los arrozales valencianos cuando se utilizaba el método de siembra por transplante. Está producida por una cepa del virus del enanismo amarillo de la cebada. Se transmite por el áfido (pulgón) *Rhopalosiphum padi*. Los primeros síntomas aparecen en plantas aisladas o rodales, normalmente cerca de los márgenes de la parcela. Las hojas empiezan a amarillear por su ápice y bordes y terminan adquiriendo un color amarillo anaranjado con manchas marrones irregulares. En caso de infección en etapa temprana de crecimiento, la planta puede morir o reducir su producción en grano. Con la actual siembra directa las

plántulas emergen del agua cuando la población de áfidos es baja o nula, lo que explica su escasa severidad. Esta enfermedad tiene en Andalucía una presencia sólo testimonial.

5.4.- *Straighthead (cabeza derecha, panícula erguida)*

Más que de una enfermedad se trata de un desorden abiótico (fisiopatía), aunque sus causas no son conocidas en su totalidad. Es más frecuente en suelos ligeros, pero también puede darse en suelos arcillosos. Parece ser que su principal desencadenante es la acumulación de sustancias tóxicas (principalmente ácido sulfídrico y sulfuro de arsénico), que se originan en los suelos inundados como resultado de los procesos fermentativos de la materia orgánica (véase capítulo 2). Su drenaje y secado, con la consiguiente oxigenación, traen consigo la oxidación de dichas toxinas, que disminuyen su concentración en la solución del suelo. Los daños suelen ser más probables y severos en parcelas que se cultivan de arroz por primera vez.

Los síntomas característicos no aparecen hasta el espigado. El más destacable es la existen-

cia de panículas erguidas que no se doblan en su madurez, como ocurre con las panículas normales, debido a su alto porcentaje de granos vacíos o faltos de peso. Las panículas de plantas muy afectadas pueden permanecer dentro del “zurrón” y no espigar. Las flores son frecuentemente estériles, e incluso inexistentes en afecciones extremas, en cuyo caso la panícula consta solamente del raquis principal y sus ramas. Las glumillas (lema y pálea) suelen deformarse, adquiriendo el grano un peculiar aspecto de pico de loro. Normalmente las plantas permanecen verdes, retrasándose su senescencia con relación a la de las plantas normales. La escasa translocación de materia seca (hidratos de carbono) desde las partes verdes a los granos es la causa de esta senescencia tardía. Esto provoca además la emisión de hijos, incluso después del espigado.

Straighthead puede controlarse drenando la parcela al comienzo del encañado. Existen variedades con diferente grado de tolerancia a esta fisiopatía. Las incorporaciones de materia orgánica y las dosis excesivas de abonado nitrogenado incrementan la severidad de los daños.



Cosecha y almacenamiento

Cosecha, secado y almacenamiento

La recolección debe efectuarse cuando la humedad media del grano alcance unos valores determinados, específicos de cada variedad. Cosechar con humedades sensiblemente inferiores provoca un aumento del porcentaje de granos partidos durante el proceso de elaboración. Con humedades superiores la producción tiende a disminuir, incrementándose el número de granos verdes y yesosos. Esta última situación suele ser la más frecuente, ya que se tiende a cosechar lo antes posible con el fin de evitar los daños ocasionados por las frecuentes lluvias otoñales.

Conviene prestar atención al trabajo de la cosechadora con objeto de minimizar las pérdidas de grano y evitar daños que resultarían en pérdidas de calidad industrial. Con variedades propensas al desgrane suele ser conveniente reducir la velocidad del molinete y del cilindro desgranador. El grano cosechado se descarga en remolques que lo transportan a los secaderos mecánicos donde se reduce su humedad a valores cercanos al 14%, porcentaje conveniente para su almacenamiento y posterior procesamiento industrial. El manejo de la paja, quemada o incorporada al terreno, tiene efectos agronómicos y medioambientales diversos. Con la labor de fanguero se incorporan al suelo los restos de cosecha.

Dado que este libro trata fundamentalmente sobre prácticas culturales, en este capítulo cen-

traremos nuestra atención en los aspectos agronómicos más cercanos al agricultor (humedad del grano en recolección, manejo de la paja, etc.). Aspectos industriales como el secado y almacenamiento del grano serán expuestos resumidamente; sin embargo, hemos creído conveniente tratar con más detenimiento la biología, seguimiento y control de las plagas del arroz almacenado en Andalucía.

1.- Maduración y humedad del grano

Durante la fase de maduración buena parte del almidón almacenado en las hojas, principalmente en las dos últimas, se transporta al grano (translocación), que aumenta progresivamente su contenido en materia seca. El ritmo o velocidad de acumulación depende de la variedad y está estrechamente relacionado con la temperatura. Las temperaturas óptimas para el transporte y acumulación de materia seca se encuentran en 25-30° C.

Una maduración imperfecta o incompleta acarrea deformaciones, inferior peso específico, menor rendimiento y baja calidad del grano. Los granos inmaduros suelen incrementar su grado de "perlado" o incluso ser más o menos yesosos. Esto es debido a que parte del almidón que se deposita en las células amiláceas lo hace en estado amorfo en vez de cristalino, quedando huecos entre di-

chas células, lo que confiere al grano un aspecto opaco en vez de traslúcido. Los gránulos de almidón de las partes yesosas suelen ser esféricos en contraste con los gránulos poliédricos, perfectamente encajados, de las partes traslúcidas.

El número de días entre la floración y la madurez comercial depende principalmente de las características genéticas de la variedad y, en menor grado, de las condiciones climáticas (temperatura y, con menor influencia, humedad relativa del aire y luminosidad). El grano suele alcanzar su peso máximo a las 6-8 semanas después de la fecundación.

En cada variedad es fácil observar que existe una maduración escalonada entre sus plantas y, sobre todo, entre las panículas de cada planta y entre los granos de cada panícula. Las diferencias de maduración entre plantas de la misma variedad se deben al pequeño grado de variabilidad genética inherente a cualquier cultivar y a posibles diferencias microclimáticas, edafológicas y de cultivo dentro de la parcela.

Las distintas panículas de una planta no maduran a la vez. Cuanto mayor es el grado de ahijamiento más dilatado es el escalonamiento del espigado y de la maduración de las panículas. El grado de ahijamiento está influenciado negativamente por la densidad de plántulas. La densidad de siembra tiene pues relación con la calidad del grano. Normalmente las variedades de ciclo corto ahíjan menos, madurando sus hijos de forma más homogénea.

La maduración de los granos de la panícula tampoco es uniforme. Los de la parte superior son los primeros en madurar. Los de la base, más tardíos, tienen mayores probabilidades de quedar inmaduros y adquirir una estructura más perlada o yesosa. La duración del período floración-maduración es bastante constante para los diferentes granos, pero su inicio, y por tanto la fecha de su madurez comercial, varía significativamente según su posición en la panícula. En cosecha, con una humedad media del 21%, pueden existir algunos granos con el 15% y otros con el 45%.

1.1.- Humedad de equilibrio y humedad crítica

Durante el período de maduración la acción desecante del sol se alterna con condiciones

de alta humedad relativa del aire durante la noche. En determinadas condiciones ambientales el grano de arroz, cuyo porcentaje de humedad decrece conforme madura, puede volver a ganar humedad. Recuperaciones repetidas de humedad dan lugar a fisuras imperceptibles en el endospermo. La mayor parte de las roturas que se producen durante el proceso de elaboración provienen de estas fisuras previas en campo.

El grano absorbe humedad cuando la humedad relativa ambiental supera un umbral denominado humedad de equilibrio. Dicha humedad de equilibrio depende de la temperatura del aire pero sobre todo del contenido (porcentaje) de humedad del grano.

Para un grano con un contenido de humedad del 20%, siendo la temperatura del aire de 22-23° C, la humedad de equilibrio (humedad relativa del aire) es cercana al 95%, por lo que raramente se darán circunstancias ambientales para que el grano recupere humedad. Si el contenido de humedad del grano es del 14%, la humedad de equilibrio a 22-23° C será sólo del 75%, porcentaje que es fácil de superar, especialmente durante la noche, por lo que el grano estará sometido a un ciclo diario de ganancia y pérdida de agua según la humedad relativa del aire sea superior o inferior a la de equilibrio.

La humedad del grano por debajo de la cual se producen fisuras, como consecuencia de la absorción de humedad ambiental antes descrita, se denomina humedad crítica. Existen variedades más o menos susceptibles al fisurado. En idénticas condiciones de cultivo, las variedades más tolerantes tienen una humedad crítica más baja que las sensibles. Cuanto más bajo sea el porcentaje de humedad del grano, o mejor dicho, cuanto más descienda con relación a su humedad crítica, mayor será su riesgo de fisuramiento. La intensidad de estos procesos alternos de humidificación y desecación del grano se incrementa en condiciones de fuertes insolaciones, de alta humedad relativa del aire y de grandes diferencias ambientales entre el día y la noche. La existencia de un cierto nivel de agua en la parcela, a lo largo de todo el proceso de maduración, evita oscilaciones excesivas de la temperatura y de la humedad relativa del arrozal. Es de resaltar que la formación de fisuras, aunque con menor intensidad, puede continuar en

la tolva de la cosechadora (donde existen granos con diferentes humedades y unas condiciones ambientales determinadas) y durante el transporte e incluso el secado del grano.

1.2.- Fecha de cosecha

Es importante cosechar el arroz en su momento adecuado de madurez, dada su influencia sobre la producción, calidad y precio del grano. Dicho momento debe basarse en el contenido de humedad de una muestra de grano en vez de utilizar referencias menos precisas como el grado de amarilleamiento de la paja o de la panícula. Con este fin se toma un cierto número de panículas, que se secan a la sombra, para eliminar su humedad externa, antes de determinar el porcentaje de humedad del grano. Alguna variedad puede incluso tener parte de sus hojas todavía verdes cuando los granos centrales de la panícula ya están maduros.

Cada variedad tiene un porcentaje de humedad de grano idóneo para su recolección. Por término medio, las variedades tipo índica cultivadas en Andalucía deben cosecharse con un 18-21% de humedad, mientras que el intervalo para las japónica se sitúa, en general, en el 20-23%, con las mencionadas salvedades o especificidades varietales. Frecuentemente las cooperativas marcan el comienzo de la recolección. Algunos agricultores muestrean un remolque y a partir de un determinado porcentaje de humedad empiezan a cosechar, teniendo en cuenta la variedad, la superficie total y los medios mecánicos disponibles.

Si la recolección se anticipa, cosechando el arroz demasiado húmedo, se disminuye el rendimiento en grano, al no permitirse su máximo desarrollo. También se perjudica la calidad de la cosecha, al incrementarse el porcentaje de granos verdes, yesosos y deformes, y se aumentan los gastos de secadero. La paja húmeda pasa con mayor lentitud por el interior de la cosechadora, reteniendo mayor porcentaje de grano y disminuyendo la eficacia de la trilla, ya que los granos inmaduros oponen cierta resistencia a romper su pedúnculo (pedicelo), que los une al raquis, y se pierden arrastrados por la paja. Frecuentemente se forman grupos de 3-4 granos unidos a un trozo de raquilla, que se pierden o dificultan las posteriores operaciones de limpieza y secado.

El retraso de la recolección, es decir, cosechar el grano demasiado seco, origina pérdidas productivas y cualitativas. La menor producción viene motivada por el incremento de los riesgos de encamado, de ataque de enfermedades y de mayor desgrane antes de la trilla. Se incrementa el riesgo de fisuras y posteriores roturas de granos, que, junto con el oscurecimiento de las capas del pericarpio, causan depreciación de la calidad y valor del producto. En caso extremo, una variedad cosechada con un porcentaje de humedad de 5-6 grados por debajo de su intervalo óptimo puede reducir su rendimiento en enteros hasta en 10-15 puntos porcentuales.

La liquidación del arroz suele hacerse sobre grano al 14% de humedad. Con este fin se toma una muestra de cada entrega y se aplica una escala de descuentos o penalizaciones, que puede variar según la cooperativa o entidad receptora. Frecuentemente se descuenta del precio un 1,5% por cada punto porcentual de humedad que supere el 14%, dentro del intervalo 14-24%. Algunas cooperativas no aceptan grano con contenidos de humedad superiores al 24% o aplican mayores penalizaciones, dado su mayor porcentaje de granos verdes y coste de secado. El arroz que llega muy seco también sufre descuentos debido a su menor rendimiento en enteros.

2.- La recolección

En toda la superficie cultivada la recolección se lleva a cabo con cosechadoras autopropulsadas, similares a las utilizadas para otros cereales, provistas de orugas en vez de neumáticos para poder desplazarse por el arrozal. Las anchuras de



Fig. 9.1.- Cosecha (J. M. García Cano)

corte varían desde 4,5 hasta 7,5 metros. Anchuras superiores a 7,5 m no son recomendables, ya que aumentan significativamente las dificultades de maniobrabilidad. Las modernas cosechadoras de rotores, con una anchura de corte de 6,62 metros, son las más utilizadas, recolectando de 10 a 14 ha/jornada, dependiendo del grado de encamado del arroz. Disponen de una tolva con una capacidad de alrededor de 5.500 kg de arroz. Las denominadas cosechadoras “arroceras” alcanzan las 13-19 ha/jornada. Las cosechadoras convencionales, cada año menos utilizadas, sólo alcanzan las 6-9 ha/jornada. Existen, aunque están poco extendidas, cosechadoras que ripian (desgranan) las panículas aspirando el grano sin cortar la planta, que permanece en el terreno; su rendimiento alcanza las 10-12 ha/jornada.



Fig. 9.2. Panículas rpiadas por una cosechadora-ripiadora

Unos tres o cuatro días antes de la cosecha se desagua la tabla, dejándola con un par de dedos de agua. Con el terreno ligeramente inundado la máquina trabaja mejor, ya que el agua va lavando las orugas, facilitando su desplazamiento. Con menos agua la cosechadora forma grandes rodadas. En caso de encamado se corta el agua antes, cosechando con muy poco nivel, para evitar en lo posible los daños derivados del contacto de la panícula con la superficie inundada (germinaciones, pérdidas de producción y de calidad del grano, etc.). Si el encamado es acentuado se suele cosechar a vuelta perdida, atacando siempre a la planta por la base de tallo, no por el lado de la panícula.

La recolección suele comenzar a mediados de septiembre (en parcelas de siembra temprana o en variedades de ciclo más corto), aunque la mayoría de las tablas se cosechan entre fina-

les de septiembre y mediados de octubre. No es infrecuente que las lluvias obliguen a interrumpir o retrasar la siega hasta noviembre. La recolección se lleva a cabo cuando la paja de arroz está completamente seca, no correosa, una vez que ha perdido la humedad provocada por la rociada caída durante la noche anterior. Suele iniciarse entre las 11.30 y las 13.30 h, dependiendo de la magnitud de la rociada, de la intensidad del viento y del grado de nubosidad de la mañana. La recolección tiene que comenzar algo más tarde en parcelas con arroz encamado debido a la mayor humedad de las plantas “tumbadas”, más próximas a la lámina de agua y menos aireadas. La jornada de recolección termina cuando la paja comienza a ponerse correosa por efecto del rocío, momento que normalmente coincide con el ocaso, por lo que sólo se dispone de unas ocho horas de “siega” al día. Los rendimientos medios se sitúan en torno a los 8.500 kg/ha, con las variedades tanto japónica como tipo índica, incrementándose alrededor de un 15% con las nuevas variedades híbridas.



Fig. 9.3. Encamado y arroz nacido



Fig. 9.4. Arroz “retoñado” (J. M. García Cano)

La ausencia de vientos (los cuales pueden llegar a asurar el grano y provocar el encamado de la planta) y las temperaturas suaves propician un adecuado llenado del grano así como una excelente calidad del mismo (alto rendimiento en enteros). La recolección debe iniciarse antes de que los granos de la base de la panícula estén completamente maduros, con objeto de evitar que los de la parte superior se rompan durante la trilla o en el proceso industrial de elaboración.

La mejora tecnológica ha traído consigo el progresivo perfeccionamiento de los numerosos mecanismos y dispositivos que componen la cosechadora, así como un aumento significativo de su capacidad de trabajo, traducidos en una mayor eficiencia y calidad. La conveniencia de reducir los tiempos muertos durante las operaciones de recolección ha motivado el incremento de la capacidad del depósito de grano. La fácil adaptación de la picadora de paja supone una absorción de potencia de unos 20-25 C.V. Los trozos de paja, de alrededor de 10 cm de longitud, son fácilmente incorporables al suelo.

Frecuentemente se infravaloran las pérdidas de grano causadas por los mecanismos de siega y se sobrevaloran las originadas durante la trilla. Hay que considerar que las pérdidas derivadas de una deficiente regulación de la posición y velocidad de rotación del molinete se distribuyen sobre toda la anchura de trabajo de la máquina. Además, los granos que caen al suelo, al ser golpeadas las panículas por el molinete antes del paso de la máquina, se encuentran entre los de mayor peso y calidad (mejor madurados).

Dentro de las pérdidas de grano que tienen lugar posteriormente, hay que separar las atribuibles a la acción de trilla del cilindro desgranador de las pérdidas derivadas de una mayor o menor eficacia en la separación realizada en los sacudidores. Si el régimen de giro del cilindro es demasiado elevado se pueden producir fisuras en el grano que darán lugar a un aumento del porcentaje de granos partidos durante el proceso de elaboración industrial. Es preferible trillar con un moderado régimen de rotación, permitiendo que algunos granos inmaduros (los más difíciles de separar y de menor valor comercial) permanezcan en la panícula y se pierdan. Hay que regular el cilindro sin pretender recuperar el cien por cien de

los granos, aceptando una pérdida razonable, con el objeto de salvaguardar las características cualitativas del arroz cosechado, de gran importancia en la determinación del precio.

Suele ser apreciable el porcentaje de granos que no son trillados y quedan entremezclados con la paja, perdiéndose en el suelo a través de los sacudidores (sacapajas). Para una eficaz recuperación del grano es conveniente trabajar de forma que el espesor de la capa de paja en los sacudidores no sea excesivo. En la práctica, el factor más influyente es la velocidad de avance de la cosechadora. Para reducir al mínimo las pérdidas y al mismo tiempo lograr el máximo rendimiento de la máquina, debe regularse su velocidad de avance en función de las características y condiciones del producto a recoger. La presencia de pilosidad en la cascarilla y en las hojas, así como un elevado porcentaje de humedad en el grano y la paja, disminuyen la "fluidez" de la variedad que se cosecha.

Algunas cosechadoras están dotadas con modernos equipos electrónicos que delatan las pérdidas de grano que tienen lugar en algunas de sus partes. Otros dispositivos cuadrículan la parcela en pequeñas áreas, registrando las producciones obtenidas en cada cuadro, lo que puede tener cierta utilidad para delimitar zonas singulares de la parcela, menos productivas, que precisen una mayor atención agronómica.

El arroz cosechado se descarga en remolques (12-20 t) propulsados por tractores, o directamente en camiones, que esperan en los caminos de servicio, para transportarlo desde la parcela hasta la cooperativa o almacén privado. A causa del gran rendimiento de las modernas cosechadoras de rotores, se precisa un mínimo de dos remolques, si la distancia es corta, o de tres a cuatro en caso de trayectos largos.

3.- Manejo de la paja

El manejo de los restos de cosecha tiene influencia sobre la facilidad de ejecución de las labores preparatorias del suelo para la próxima campaña, sobre su estructura y riqueza en algunos nutrientes, sobre la proliferación de algas, la formación de gases y ácidos tóxicos, sobre las formas invernales o fuentes de inóculo de algunas plagas y enfermedades, etc.

Al paso de la cosechadora queda sobre el terreno, además del rastrojo, una cantidad significativa de paja procedente de la trilla. La paja puede quedar acordonada para facilitar su quemado o bien, mediante unos esparcidores (molinetes), se distribuye homogéneamente sobre el terreno, para, en ambos casos, incorporarla posteriormente al suelo mediante la labor de fanguero. Actualmente la mayoría de las cosechadoras disponen de molinetes esparcidores, algunas de las cuales llevan además un dispositivo picador que trocea la paja antes de su paso por los molinetes.



Fig. 9.5. Rastrojo con paja quemada (J. M. García Cano)

La paja puede ser quemada, empacada y extraída de la parcela, o incorporada al suelo.

El quemado de la paja es un método sencillo, aunque cada vez menos acorde con los métodos de producción más respetuosos con el medio ambiente, que tratan de excluirlo. El fuego destruye directamente un porcentaje importante de formas invernantes de ciertas plagas, enfermedades y semillas de malas hierbas. Destruir buena parte de la paja disminuye la probabilidad de formación de ácidos y gases tóxicos, la de proliferación de algas y, además, facilita la ejecución de las labores preparatorias del terreno para la próxima campaña. Uno de los gases perjudiciales emitidos durante la fermentación de la paja es el metano, que se acumula en la atmósfera, contribuyendo al efecto invernadero. Al quemar la paja se desaprovecha una fuente de materia orgánica, la cual mejora la estructura del suelo y lo enriquece en ciertos elementos minerales. Además, el quemado provoca contaminación por humos. El número de partículas contaminantes de humo puede reducirse si se procura, dentro de lo posible, propagar el fuego en

dirección contraria a la del viento. Dado que la cosecha suele tener lugar a principios o mediados de octubre, a finales de noviembre los cordones de paja ya han sido parcialmente desbaratados por el viento y hundidos por la lluvia, lo que imposibilita o dificulta enormemente su quemado. Excepcionalmente, debido a la incidencia de algunas enfermedades que hibernan en la paja, la Administración permite la quema del “pasto” (rastrojo + paja), en cuyo caso la operación se efectúa pocos días después de la recolección, cuando el pasto esté lo suficientemente seco, prendiendo los cordones con una antorcha de aceite o gasoil y aprovechando los vientos que la faciliten. Al día siguiente se suelen repasar los cordones o “líneos” que no se quemaron completamente por estar cortados por las rodadas de la cosechadora.

Las infecciones de *Sclerotium oryzae* (podredumbre basal del tallo), así como sus formas invernantes de supervivencia (denominadas esclerocios), se sitúan principalmente a la altura del nivel del agua. Aquellos esclerocios que están libres en el suelo, al contrario de los que se encuentran en los restos de cosecha, compiten con desventaja con otros microorganismos, perdiendo gran parte de su viabilidad durante el invierno. Cortar la paja por debajo de dicha altura y extraerla de la parcela resulta un procedimiento casi tan efectivo como el quemado en lo referente al control de la podredumbre basal, así como de otras enfermedades y plagas, que de otra forma hibernarían en la paja abandonada en la tabla; además, dicha extracción disminuye el riesgo de fitotoxicidad por emisión de ácidos y gases procedentes de la putrefacción de la paja. Sin embargo, aunque la paja extraída podría utilizarse como cama para el ganado, como materia prima en la fabricación de papel, como aislante, etc. ninguno de estos aprovechamientos tiene interés económico en la actualidad.

La quema del rastrojo ha descendido drásticamente en los últimos años en beneficio del enterrado (incorporación) de la paja previamente picada y esparcida, debido a la restricción de quemar rastrojos antes del 30 de noviembre. La incorporación de la paja mejora la fertilidad del suelo, favorece su actividad biológica y parece ser beneficiosa para la avifauna; en cambio no es recomendable en parcelas que sufran fuertes ataques de esclerotium, aunque el picado facilita un mejor

enterramiento del inóculo, lo que disminuye su potencial infectivo. Además, el picado acelera la descomposición de la paja y reduce, en parte, los riesgos de gases tóxicos, de infectación de algas, así como la dificultad de movimientos de la maquinaria durante las labores preparatorias. Si se incorporan los restos de cosecha (paja picada + rastrojo), en vez de quemarlos, es conveniente hacerlo lo antes posible, ya que para favorecer su descomposición se requiere un buen contacto con el suelo, temperaturas moderadas así como suficiente humedad y tiempo a fin de que los microorganismos lleven a cabo los procesos fermentativos. La incorporación temprana reduce igualmente los problemas derivados de la inmovilización del nitrógeno.



Fig. 9.6. Labor de fanguero

Se realice quemado o incorporación de la paja, los restos de cosecha se incorporan al terreno mediante la labor de fanguero, que se lleva a cabo mediante un tractor provisto de ruedas de hierro, que en su eje trasero tienen forma cilíndrica a modo de reja o jaula. El fanguero se puede realizar "a media rueda", si se pasa dos veces por el mismo sitio (quedando el pasto completamente enterrado), o bien "a toda rueda", en caso de pasar sólo una vez (quedando parte del pasto semienterrado). Conviene desaguar la tabla dos o tres días antes de la labor de fanguero para facilitar el enterrado de los restos de cosecha. Tras la incorporación, muchos agricultores inundan la parcela (para dejarla en estas condiciones hasta primeros de año), lo que disminuye la cantidad de hierba a labrar para preparar la siembra. Dejar la tabla seca obliga normalmente a dar un pase previo, adicional, de grada para triturar y enterrar las malas hierbas o bien tratarlas con herbicidas de acción total (por ejemplo con Glifosato 36% + MCPA 40% o 60%).

4.- Secado y almacenamiento

El arroz cosechado debe ser limpiado y secado antes de proceder a su almacenamiento. Posteriormente será procesado industrialmente en los llamados molinos arroceros.

La recolección es generalmente más rápida que el proceso de limpieza y secado, lo que obliga a un almacenamiento provisional del grano hasta que se traslade al secadero. El arroz procedente de la cosechadora, a veces con alta humedad, suele pasar por un almacén dotado de "granifrigo" (si bien este período debe ser lo más corto posible) para luego ser enviado de forma gradual al secadero, previa limpieza, y finalmente retornar para ser almacenado en buenas condiciones de conservación.



Fig. 9.7. Instalaciones de secado y almacenamiento

4.1.- Operaciones previas al almacenamiento

Antes de recibir el grano procedente de la nueva cosecha, es conveniente realizar algunas operaciones en los almacenes, ya que su estructura, maquinaria y residuos vegetales albergan plagas que pueden contaminar el arroz. Dichas operaciones consisten en la limpieza del almacén (mediante barrido o, más conveniente, con aspiradores industriales), reparación y blanqueado de grietas en suelos y paredes (que sirven de refugio a los insectos y pueden ser focos de humedad), eliminación de la suciedad y malas hierbas del área circundante del almacén, colocación de mallas finas en las ventanas que eviten la entrada de insectos o granos contaminantes, eliminación de los espacios muertos que favorezcan la acumulación de suciedad, de restos de arroz y subproductos (y en cualquier caso retirarlos y quemarlos), así como la aplicación de tratamientos insecticidas

en las estructuras, paredes y suelo. Si el arroz se almacena hasta enero, un tratamiento antes del almacenamiento del grano es suficiente, dado que los insecticidas residuales ofrecen protección durante 2-6 meses. Períodos de almacenamiento más largos, hasta abril-julio, pueden acarrear algún tratamiento adicional.

La desinsectación del almacén debe realizarse de 4 a 6 semanas antes de la introducción del grano, siendo poco recomendable hacerlo con menos de 3 semanas de antelación. Para ello están autorizados algunos productos organofosforados (como el metil pirimifos) y piretroides (como la permetrina), o sus mezclas. Dado que algunas plagas de almacén están desarrollando resistencia a los insecticidas, conviene asegurarse de que el tratamiento se aplique a la dosis adecuada (ni superior ni inferior a la recomendada), evitando que sobrevivan individuos, así como la aplicación de dosis excesivas, procurando además alternar las materias activas utilizadas en cada aplicación.

Los silos de chapa de acero son los lugares ideales para almacenar el grano, aunque dado que en Andalucía las $\frac{3}{4}$ partes del arroz se almacenan en naves, es recomendable depositar el grano sobre soportes de plástico para facilitar la aireación e inspección del producto, así como separarlo al menos un metro de las paredes. Por otra parte, evitar que la cosechadora produzca daños físicos (fisuras y roturas) en el arroz cáscara previene el ataque de insectos en postcosecha.

Antes de su envío al secadero, se lleva a cabo la limpieza del grano, generalmente con máquinas de cribado combinadas con una fuerte aspiración. Las cribas eliminan los cuerpos extraños de grandes dimensiones y, con la aspiración, se absorben las partículas ligeras (polvo, trocitos de paja, etc.). El necesario transporte de granos a través de los sinfines provoca un ligero aumento de fisuras y roturas.

4.2.- Secado y enfriado del grano

Los secaderos pueden ser de sol y mecánicos. El objetivo es reducir la humedad al 14-15%, porcentaje máximo para un adecuado almacenamiento. Un secadero de sol es una superficie cementada donde el arroz procedente de la cosechadora se extiende en capas delgadas, que se rastrillan periódicamente a fin de conseguir un

secado homogéneo. Su superficie suele rondar el 1% de la superficie productiva. Con buena climatología se pueden secar alrededor de 10 kg de arroz por metro cuadrado, tardándose algo más de dos días. Estos condicionamientos ralentizaban o restringían el ritmo de la recolección. Además, el paso de la maquinaria aumenta el porcentaje de partidos, sobre todo en variedades de grano largo. Por dichas razones han dejado prácticamente de utilizarse, siendo sustituidos por los secaderos mecánicos.

Los secaderos mecánicos son columnas compuestas por cajas modulares en las que el arroz va cayendo desde la parte superior y va reduciendo su humedad merced a una corriente de aire caliente que circula en sentido contrario. Para calentar el aire se suelen emplear quemadores de gasoil. La temperatura de la corriente no debe sobrepasar los 55° C (en el secado de grano para semilla no suelen superarse los 40° C) con objeto de evitar la rápida desecación del grano y un excesivo gradiente térmico, que incrementarían el riesgo de roturas. Por esta razón el secado suele efectuarse en dos etapas con un período de reposo intermedio. Las cajas inferiores pueden ser de enfriamiento, aunque esta operación puede realizarse en silos de almacenamiento, como describiremos más adelante.

El grano de arroz, al calentarse, desprende humedad. Al elevarse la temperatura del aire se reduce su humedad relativa, y, por lo tanto, se incrementa su capacidad de absorber agua. Conforme avanza el proceso de secado el aire se va saturando con la humedad desprendida por el grano y disminuye su temperatura (por el contacto con el arroz enfriado), siendo necesario reemplazarlo por otro más caliente y seco mediante el empleo de ventiladores.

El grano desprende su humedad comenzando por las capas más externas (cascarilla). Se produce, pues, un desequilibrio entre la humedad de las capas externas e internas, tanto mayor cuanto más grueso es el grano, más alta su humedad inicial y más potente el flujo de aire caliente. Este desequilibrio hace que la cascarilla se separe, creando una capa aislante que disminuye la conductividad del calor, lo que reduce la velocidad de secado de las capas interiores y el rendimiento general del proceso. Estas razones también justi-

fican la conveniencia de establecer fases de secado, separadas por un enfriamiento intermedio de algunas horas, a fin de permitir el paso de la humedad del interior al exterior del grano, uniformizando la humedad de sus diversas capas, lo que disminuirá su tiempo de secado.

Es frecuente, por tanto, secar el arroz en dos etapas. En la primera el arroz pierde 3 ó 4 grados de humedad; en la segunda, tras un período de reposo o revenido, se consigue rebajar el porcentaje de humedad hasta los niveles deseados para un buen almacenamiento. El secado en dos pasadas, comparado con el de una sola, ahorra energía pero exige mayores instalaciones, incluidas las de almacenaje entre los dos secados; además, se producen menos roturas aunque disminuye algo el peso del grano a causa del incremento relativo de su actividad respiratoria. En algunas instalaciones se somete el grano a otro enfriamiento tras su segundo secado. Si al salir del secadero el grano está seco por dentro será más fácil mantenerlo en buenas condiciones.

4.3.- Operaciones durante el almacenamiento

Acabado el secado se procede al almacenamiento del grano, bien en almacenes horizontales, donde alcanza 5-7 m de altura, o en silos verticales de hasta 2.000 t. de capacidad. En muchos almacenes (naves) se distribuye aire frío y sin apenas humedad a través de conductos semi-circulares de chapa perforada, normalmente enterrados y espaciados cada 3 m, mediante aparatos ventiladores-enfriadores tipo "granifrigo". En invierno, cuando soplan aires fríos y secos del norte o de levante, se puede inyectar aire atmosférico, si la diferencia con el del interior del almacén es al menos de 7° C. Los silos suelen ventilarse inyectando aire en sentido ascendente

Durante el almacenamiento el grano de arroz continúa respirando, prosiguiendo y mejorando su maduración. La función respiratoria consume azúcares (disminuyendo de peso el grano) y oxígeno, desprendiéndose CO₂, calor y vapor de agua. En el arroz almacenado es fundamental controlar la temperatura y el contenido de humedad del grano, así como la temperatura ambiental y el contenido de humedad (humedad relativa del aire) del almacén. Hay una relación de intercambio entre la humedad y la temperatura del aire y las del grano de arroz.

La intensidad de la actividad respiratoria del grano depende en gran parte de su temperatura y humedad, que también determinan el desarrollo y grado de actividad de bacterias y hongos, que deprecian su calidad. Existen tablas que delimitan la zona de seguridad (de buena conservación del grano) en función de los valores combinados de su humedad y temperatura. Con un 14-15% de humedad y 14-15° C de temperatura se conserva bien el grano. Pequeñas elevaciones de su contenido de humedad exigen temperaturas muy inferiores para asegurar un buen almacenaje. Para evitar elevaciones en el contenido de humedad del grano por intercambio con la humedad atmosférica, es conveniente que la humedad relativa del aire no supere el 65%. A veces se alcanzan los 22° C de temperatura ambiental en algunos almacenes, lo que dificulta la conservación del grano. Las instalaciones que disponen de sistemas de "granifrigo" mantienen el arroz a una temperatura entre 10 y 14° C y a una humedad cercana al 14%. Es recomendable colocar aparatos de medida de temperatura (termómetros o sondas) y de humedad, así como hacer lecturas semanales o mensuales de los mismos. Estos medidores se suelen calibrar una vez al año, antes del almacenamiento

Si se incrementa la temperatura del grano se mete aire frío desde el exterior ventilando el almacén por la noche o bien por medio de un sistema de ventilación forzada por impulsión, o removiendo mecánicamente el arroz (mediante tractor con pala) si no se dispone de otros medios. Se recomienda realizar diariamente la lectura de temperaturas si en los últimos 7 días se da un incremento superior a 0,5° C. Como medida preventiva, y a fin de evitar la aparición de focos de calor, pueden darse algunas horas de ventilación forzada cada semana.

Si se incrementa significativamente el porcentaje de humedad del grano hay que bajarlo con un pase por el secadero. Conviene localizar los puntos de condensación o calentamiento, especialmente si se registra un incremento de más de un 2% en un período de siete días. Si el contenido de humedad del grano de la superficie varía significativamente con respecto al del grano muestreado a una profundidad de 1 m, conviene localizar la causa de dicho incremento; cuando dicha diferencia entre capas supera el 17% de humedad se corre un grave riesgo de ataque de ácaros.

Los insectos son un grave peligro para el grano almacenado, especialmente los gorgojos. El desarrollo de insectos y ácaros se puede controlar por medio de la temperatura ambiental. La mayoría de insectos se reproducen fácilmente a 25-33° C, ralentizan su actividad entre 12-16° C y mueren de forma gradual a temperaturas inferiores de 5° C.

El estado de conservación del grano de arroz almacenado puede estimarse midiendo la concentración de CO₂ en el aire. Concentraciones superiores a 300-400 ppm son indicio de una probable actividad biológica debida a insectos, a hongos, a ácaros o a la propia respiración del grano. Hay medidores electrónicos manuales que analizan el contenido de una muestra de aire, que suele tomarse en el centro de un montón de arroz, a 1-2 m de profundidad. También hay jeringas desechables (de un solo uso) que analizan el contenido de CO₂ mediante un tubo que cambia de color según la concentración de dicho gas. Este procedimiento no se emplea, por el momento, en Andalucía.

Tras los insectos, el segundo peligro en importancia son los nidos de calor, que tienen su origen en diversas causas (suciedad, restos de paja, etc.). Existen dispositivos (relojes de humedad) para detectar humedades en distintas zonas del almacén, que en su caso deben ser removidas. En los silos metálicos se pueden formar zonas de condensación de vapor de agua a consecuencia de bajas temperaturas externas en relación con las del interior.

La población microbiana del grano almacenado incluye numerosas especies de hongos y algunas de bacterias, cuyas esporas pueden tener diversa procedencia (el suelo, la atmósfera, el grano, las impurezas, etc.). Estos microorganismos propician procesos fermentativos en el grano, que adquiere tonalidades amarillentas, desmereciendo su calidad. En su desarrollo influyen la temperatura y el grado de humedad. Las especies fúngicas más frecuentes pertenecen a los géneros *aspergillus*, *penicillium*, *fusarium* y *mucor*, que se alimentan del grano e incluso pueden originar ciertas sustancias tóxicas para nuestro organismo (aflatoxinas). Con humedades de conservación inferiores a 14-15% no existe riesgo de producción de dichas micotoxinas. Las especies bacterianas son menos importantes, aunque algunas producen sustancias contaminantes gomosas.

4.4.- *Tratamientos del arroz almacenado*

Los gorgojos se pueden tratar con pastillas de fosforo de aluminio (fosfamina), pudiéndose recurrir a empresas especializadas. Para ello, se tapan los montones de arroz con plástico y se incorpora el producto por el sistema de refrigeración, dejándolos sellados de 2 días a una semana. La temperatura del grano debe ser de al menos 10° C para garantizar la efectividad del tratamiento. Éste tiene un efecto inmediato, es decir, elimina los insectos que haya vivos aunque no protege de posibles infestaciones posteriores. Por eso los tradicionales tratamientos, aplicados antes de almacenar el grano, con deltametrina (con o sin butóxido de piperonilo), que algunos agricultores aún mantienen, son convenientes para proteger el grano durante un prolongado período de tiempo, debido a su efecto residual, aunque los tratamientos con fosforo de aluminio pueden ser también necesarios.

Existen otros fumigantes que pueden estar disponibles próximamente, como las mezclas de fosforo de aluminio (2%) y CO₂ (98%) a presión, que poseen la ventaja de que, al no ser inflamables, se pueden variar sus concentraciones y, además, tienen una gran rapidez de acción (horas) en comparación al fosforo de aluminio. Las mezclas de formato de etilo (16,7% en peso) en CO₂ líquido son formulaciones no inflamables, de fácil aplicación y alta penetración, que están registradas y autorizadas en otros países, al igual que el fluoruro de sulfurilo, que ya está autorizado en España.

Otros productos que pueden estar en un futuro disponibles en nuestro país son el sulfuro de carbonilo, el cianógeno, el óxido de polipropileno así como algunos insecticidas alternativos, que ya se están utilizando en Estados Unidos, como el metopreno (análogo de la hormona juvenil) y el spinosad.

4.5.- *Recomendaciones especiales para el almacenamiento del arroz ecológico*

Aunque actualmente apenas se cultiva arroz ecológico en Andalucía, se están llevando a cabo las investigaciones pertinentes a fin de incrementar la superficie bajo este sistema de producción, por lo que se exponen a continuación una serie de recomendaciones específicas para su almacenamiento.

La desinfestación previa del almacén es recomendable realizarla con vapor de agua y/o agua a presión con lejía, seguida de un enjuague con agua clara de las estructuras. Otra opción de limpieza es mediante aire comprimido. En caso de almacenarse simultáneamente, es conveniente establecer una barrera física entre el producto ecológico y el convencional (generalmente bajo producción integrada). Debe asegurarse un correcto etiquetado y señalización del arroz ecológico. No se pueden aplicar fumigantes ni insecticidas al grano ni a las instalaciones donde se almacene el arroz cáscara ecológico, salvo piretrinas naturales a las estructuras (nunca al grano), si la limpieza previa no ha sido suficiente y se detectan plagas. En algunos países (Estados Unidos, Canadá o Australia) está permitida la aplicación al grano ecológico de tierras de diatomeas, que son polvos desecantes abrasivos (acción física) que se aplican en superficie y actúan lentamente. Están por desarrollar otros productos naturales que sirvan para el control de plagas de almacén del arroz ecológico, así como la utilización de la lucha biológica. Se recomienda proceder a la limpieza del grano antes de su comercialización, a fin de evitar posibles insectos y ácaros, mediante el uso de cribas de 2 mm con un sistema de aspiración.

5.- Plagas de almacén

La forma más frecuente de detección de estas plagas en Andalucía es observando la superficie de los montones de arroz o tomando muestras del grano. Los insectos dañinos del arroz almacenado son relativamente pequeños (3-6 mm de longitud) y por tanto difíciles de detectar a simple vista. Para estimar el nivel de infestación se suele tomar una muestra de 3 kg por cada 20 toneladas de arroz almacenado. La presencia de al menos 1 insecto por kg se considera indicativo de infestación peligrosa.

Para la detección de plagas se recomienda el uso de trampas, que pueden ser trampas de caída (Fig. 9.8), polilleros con feromonas (Fig. 9.9) y trampas planas o de ácaros. Las trampas de caída se colocan cada seis metros y por parejas en los montones de grano, una en la superficie y otra enterrada a 10 cm, inspeccionándose cada 15 días. Los polilleros con feromonas se cuelgan de las paredes o del techo del almacén. Las trampas



Fig. 9.8.- Trampa de caída (P. Del Estal Padillo)

planas y especiales para ácaros se colocan sobre el suelo.

Una vez constatada la presencia de insectos se deben realizar las siguientes acciones: identificarlos correctamente (la presencia de enemigos naturales de las plagas es buen indicio de su existencia), asegurarse de que la temperatura ambiente y el contenido de humedad del grano sean los recomendados, y finalmente tratar el arroz en caso de elevada infestación.

Como resultado de una prospección que hemos llevado a cabo recientemente en diversos



Fig. 9.9.- Polilleros (P. Del Estal Padillo)

Tabla 9.10.- Plagas de almacén y sus enemigos naturales, identificados en Andalucía

Orden	Familia	Especie	Comentario
CLASE INSECTA			
COLEOPTERA	Anthicidae	Sin especificar	
	Bostrichidae	<i>Rhyzoperta dominica</i> Fabricius	Frecuente
	Cryptophagidae	<i>Cryptophagus</i> sp.	Anecdótica
	Cucujidae	<i>Cryptolestes ferrugineus</i> Stephens	Anecdótica
		<i>Cryptolestes pusillus</i> Schönherr	Anecdótica
	Curculionidae	<i>Sitophilus oryzae</i> L.	Frecuente
		<i>Sitophilus granarius</i> L.	Anecdótica
	Dermeestidae	Sin especificar	
Tenebrionidae	<i>Tribolium castaneum</i> Herbst	Ocasional	
LEPIDOPTERA	Gelechiidae	<i>Sitotroga cerealella</i> Olivier	Frecuente
PSOCOPTERA	Liposcelidae	<i>Liposcelis bostrychophila</i> Badonnel	Frecuente
		<i>Liposcelis decolor</i> Pearman	Frecuente
		<i>Liposcelis entomophila</i> Enderlein	Frecuente
	Trogiidae	<i>Lepinotus reticulatus</i> Enderlein	Frecuente
HIMENOPTERA	Chalcididae	<i>Psilochalcis</i> sp.	Parásito
	Pteromalidae	<i>Anisopteromalus calandrae</i> Howard	Parasitoide
CLASE ARACHNIDA			
MESOSTIGMATA	Haemogamasidae	<i>Eulaelaps stabularis</i> Koch	Depredador
PHROSTIGMATA	Cheyletidae	<i>Cheyletus malaccensis</i> Oudemans	Depredador

Elaboración: M. J. Pascual Villalobos y M. Aguilar Portero

almacenes de arroz de las Marismas del Guadalquivir (Tabla 9.10), se exponen algunas consideraciones para la identificación y detección de las plagas más frecuentes, así como para la descripción de su biología y daños; asimismo, la identificación e importancia de los principales enemigos naturales de dichas plagas son comentados brevemente.

5.1.- *Sitophilus oryzae*

Coleóptero perteneciente a la familia curculionidae, conocido comúnmente como “gorgojo del arroz”. Los adultos del género *sitophilus* son de color marrón negruzco, con punteaduras, alcanzando una longitud de entre 2,5 y 4 mm. Resultan inconfundibles por el largo rostro (pico) que

presentan en la cabeza (Fig. 9.11). En Andalucía la especie que infesta el arroz almacenado es *Sitophilus oryzae*, que se distingue por tener unas manchas de color amarillento en los élitros (Fig. 9.12). La especie *Sitophilus zeamais*, que ataca al maíz, es idéntica externamente a *S. oryzae* (para distinguirlos hay que diseccionar la genitalia), aunque no hemos constatado su presencia. Ocasionalmente se han detectado individuos de la especie *Sitophilus granarius* (de color marrón claro y sin manchas), que, sin embargo, es mucho más frecuente en trigo.

Al remover los montones de grano infestados por *S. oryzae* los adultos tienden a instalarse en la superficie. Pueden detectarse por medio de trampas de caída, que se colocan en la superficie o bien se insertan en los montones de grano.



Fig. 9.11. Gorgojo del arroz: *Sitophilus oryzae*. (P. Del Estal Padillo)

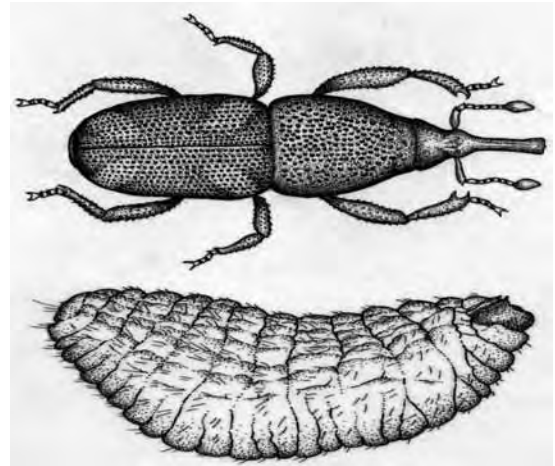


Fig. 9.12. *Sitophilus oryzae*: adulto y larva (J. A. Barreña Calluela)

La hembra hace un orificio en el grano, pone el huevo en su interior y lo sella con una secreción mucilaginoso. Tras la eclosión, las larvas, que no tienen pies (ápodos) (Fig. 9.12), excavan una galería conforme se alimentan del grano. No suele haber más de una larva por grano. Dentro tiene lugar también el estado de pupa saliendo finalmente el adulto al exterior del grano a través de un orificio redondeado. Desde la eclosión hasta la salida del adulto transcurren unos 35-45 días. Los adultos pueden superar el año de vida. Las condiciones óptimas para el desarrollo de esta plaga consisten en temperaturas ambientales de 15-34° C y humedades relativas superiores al 40%. Si el grano está muy seco se dificulta la puesta y el desarrollo de las larvas.

Es una de las plagas más importantes y puede causar serios daños en el arroz cáscara. En la actualidad, con un buen sistema de almacenamiento, las infestaciones se mantienen bien controladas, si bien la total erradicación de esta plaga es difícil y, por tanto, subsiste el riesgo de aparición de insectos, aunque en pequeña cantidad. Dado que ponen sus huevos en el interior del grano, estos no son eliminados durante el proceso de blanqueado (con una pérdida muy significativa de calidad del producto elaborado), lo que incrementa su peligrosidad y las precauciones a tomar

frente a este insecto. Los daños son característicos, tanto por las cavidades interiores creadas por las larvas como por los agujeros que hacen los adultos al emerger. Posteriormente, los adultos continúan alimentándose de los granos rotos, elevando la temperatura y humedad del grano, lo que facilita el ataque de otros insectos y hongos.

5.2.- *Rhyzoperta dominica*

Coleóptero perteneciente a la familia bos-trichidae, comúnmente conocido como “capuchino de los granos”. Los adultos son de forma cilíndrica, de unos 3-4 mm de longitud (más pequeños que el gorgojo) y de color oscuro. Se identifican fácilmente ya que al mirarlos desde arriba presentan la cabeza escondida debajo del pronoto (Fig. 9.13). Los élitros exhiben unos puntos característicos.

Se pueden detectar por medio de trampas de caída. Los insectos prefieren ubicarse en el interior de los montones, donde el grano está más compacto. Les molesta el trasiego del producto almacenado.

Las hembras ponen los huevos en el exterior del grano. Las larvas jóvenes, que son móviles, penetran en el interior del grano del que se alimentan y, aunque tienen patas (Fig. 9.13), van perdiendo progresivamente movilidad y adquieren

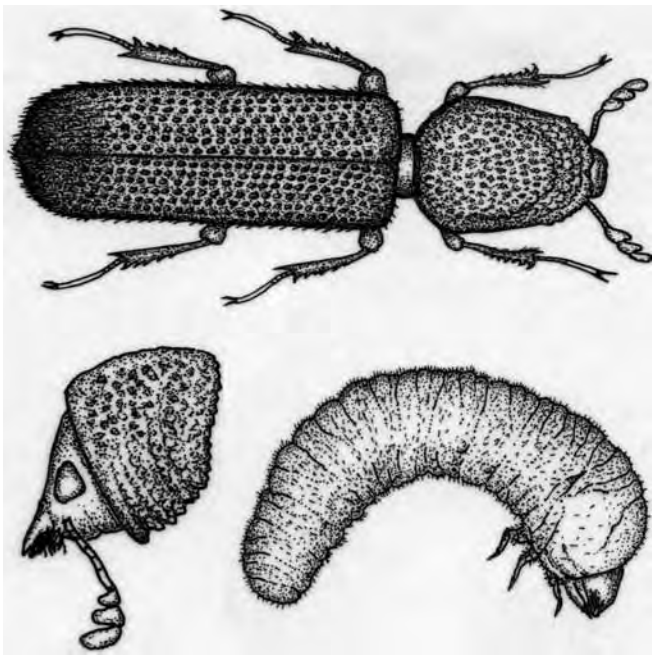


Fig. 9.13. *Rhyzoperta dominica*: adulto, detalle de pronoto y larva (J. A. Barreña Calluela)

forma de “C” a medida que pasan de un estado de desarrollo a otro. La pupa permanece en el interior y da lugar al adulto, que sale del grano. El ciclo dura unos 30 días. Los adultos son muy voraces (Fig. 9.14) y de larga vida (de varios meses a más de un año). Las condiciones óptimas para su desarrollo se alcanzan con una temperatura ambiente de 20-38° C y valores de humedad relativa



Fig. 9.14. Capuchino de los granos: *Rhyzoperta dominica* (P. Del Estal Padillo)

superiores al 30%. En general, tolera mejor que el gorgojo las condiciones calurosas y secas propias de Andalucía.

Es una plaga de gran importancia, tanto como la del gorgojo. Los daños son fácilmente distinguibles ya que excavan galerías en el arroz, generan harina y provocan roturas del grano. Al contrario que *S. oryzae*, los granos con larva se rompen durante el proceso del pulido, con las consiguientes pérdidas de peso y calidad.

5.3.- *Cryptolestes ferrugineus* y *Cryptolestes pusillus*



Fig. 9.15. Carcoma achatada de los granos: *Cryptolestes* sp. (P. Del Estal Padillo)

Coleóptero perteneciente a la familia cucujidae, comúnmente conocido como “carcoma achatada de los granos”. Las especies del género *cryptolestes* son pequeños coleópteros (1,5-2,5 mm de longitud), muy aplanados, de forma rectangular, de color marrón rojizo y con antenas muy largas, las cuales alcanzan casi la mitad de la longitud total de su cuerpo (Fig. 9.15). La identificación de especies dentro del género es difícil. En Andalucía se presentan dos especies: *Cryptolestes ferrugineus* y *Cryptolestes pusillus*. La segunda se caracteriza por tener más alargados los últimos artejos de las antenas (Fig. 9.16). Estos insectos se capturan fácilmente con trampas de caída colocadas en los montones de grano.

La hembra pone los huevos en pequeñas grietas abiertas en el grano, o los esparce entre el polvo y la harina. La larva (Fig. 9.16) se mueve entre el producto almacenado y ataca al grano, a través de grietas ya formadas, para alimentarse del embrión y del endospermo. El proceso larvario

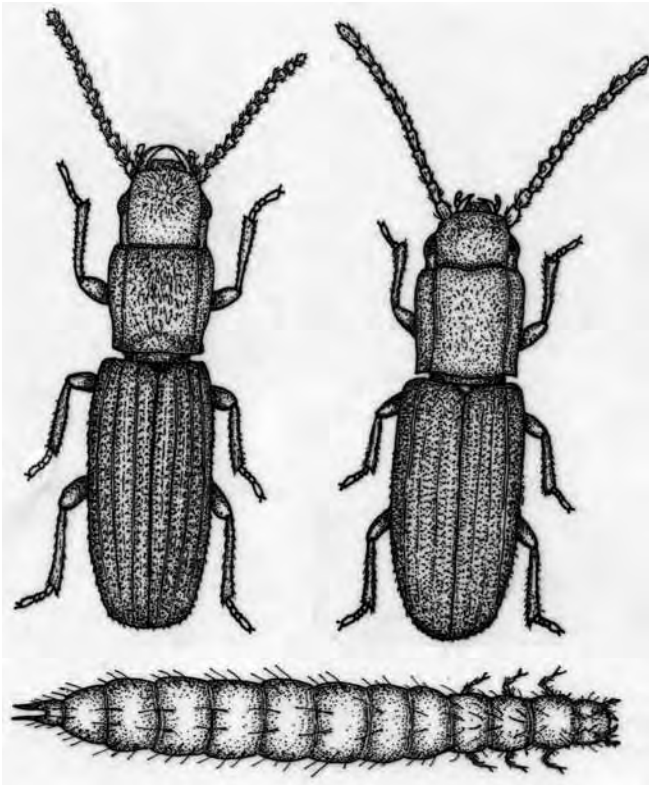


Fig. 9.16.- *Cryptolestes ferrugineus* (derecha) y *Cryptolestes pusillus* (izquierda): adultos y larva (J. A. Barreña Calluela)

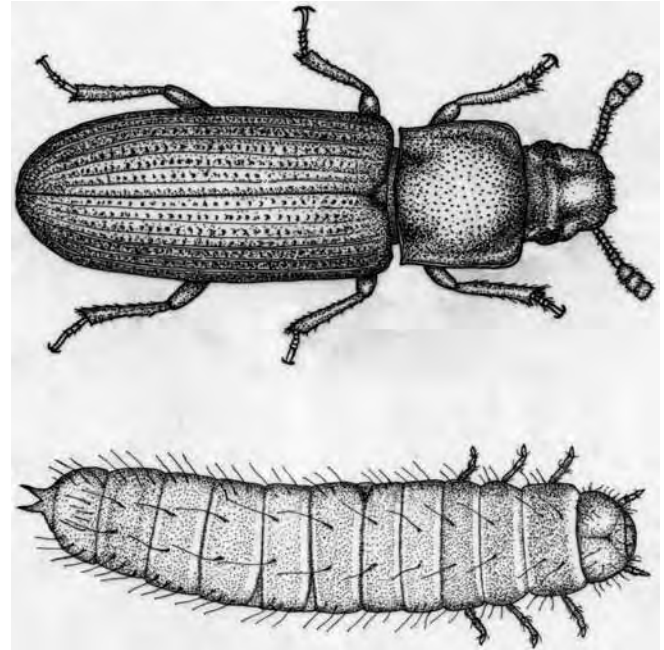


Fig. 9.17.- *Tribolium castaneum*: adulto y larva (J. A. Barreña Calluela)



Fig. 9.18. Falso gorgojo de la harina: *Tribolium castaneum* (P. Del Estal Padillo)

suele durar unos 25 días. Los adultos se alimentan del arroz previamente dañado y de la harina, siendo bastante longevos. Las condiciones óptimas para su desarrollo son 18-43° C (si bien *C. ferrugineus* presenta cierta tolerancia al frío), con una humedad relativa superior al 50%.

Son plagas importantes, aunque menos que el gorgojo y el capuchino, y sus daños son posteriores, ya que la carcoma ataca cuando el arroz ya está deteriorado. Se alimentan y multiplican más fácilmente a partir de harinas, productos procesados o granos rotos. Puede atacar directamente al grano si éste presenta grietas u otros daños físicos causados, por ejemplo, durante la recolección. Los síntomas que se observan no son exclusivos de estas especies. Por su forma chafada y su diminuto tamaño suponen un riesgo incluso para el arroz ya empaquetado, ya que pueden penetrar por orificios diminutos (inapreciables) del envase.

5.4.- *Tribolium castaneum*

Coleóptero perteneciente a la familia tenebrionidae, conocido comúnmente como "falso gorgojo de la harina". Los adultos son ovalados, de color marrón rojizo, de 3-4 mm de longitud y antenas en forma de maza. Sus larvas son amari-

llentas y brillantes, de hasta 10 mm de largo (Fig. 9.17). Se capturan tanto con trampas de caída en los montones de grano, como con trampas planas colocadas sobre el suelo.

La puesta la realiza al azar, en los productos o subproductos del arroz. Las larvas son muy activas y prefieren la harina y el salvado para alimentarse. El estado larvario dura unos 25 días, si disponen del alimento adecuado. Tanto los adultos como las larvas (Fig. 9.18) pueden depredar a otras plagas de almacén así como a otros ejemplares de su propia especie. Los adultos son muy longevos (más de un año) y son capaces de multiplicarse muy rápidamente en condiciones favorables. El grado óptimo de desarrollo se da con temperaturas de 22-40° C, siendo capaces de soportar con-

diciones de humedad relativa muy baja (<10%) en comparación a otras plagas de almacén.

Resulta una plaga poco relevante en los almacenes de arroz de Andalucía. Al no ser capaz de multiplicarse en arroz cáscara, se presenta con más frecuencia en molinos en donde se procesa este cereal, sobre todo en harinas. El principal perjuicio asociado a esta plaga es la contaminación del producto, con los consiguientes malos olores y deterioro del grano.

5.5.- *Sitotroga cerealella*

Es un lepidóptero, perteneciente a la familia gelechiidae, comúnmente conocido como “palomilla de los cereales”. Los adultos son polillas pequeñas, de sólo 5-9 mm de longitud (Fig. 9.19), con alas de color gris plateado, muy divididas, a



Fig. 9.19 Palomilla de los cereales: *Sitotroga cerealella* (P. Del Estal Padillo)

modo de flecos (Fig. 9.20). También se caracterizan por tener los palpos labiales largos y curvados hacia arriba. Las larvas tienen patas verdaderas, de tamaño reducido. Se capturan mediante polilleros y feromonas específicas.

La puesta la efectúan en pequeñas grietas del grano o fuera del mismo. Los huevos se tornan rojizos al madurar. Cuando eclosionan, las larvas se dirigen al grano, que perforan para desarrollarse en su interior, por lo que rara vez son visibles. Antes del estado de pupa, la larva excava un agujero que utilizará el adulto para salir del grano, una vez emergido de la pupa. Tras unos 35 días aparecen los adultos, que no se alimentan y vuelan activamente durante la noche. Los adultos tienen una vida corta, entre 1 y 7 semanas. Las condiciones favorables para el desarrollo de la plaga se sitúan

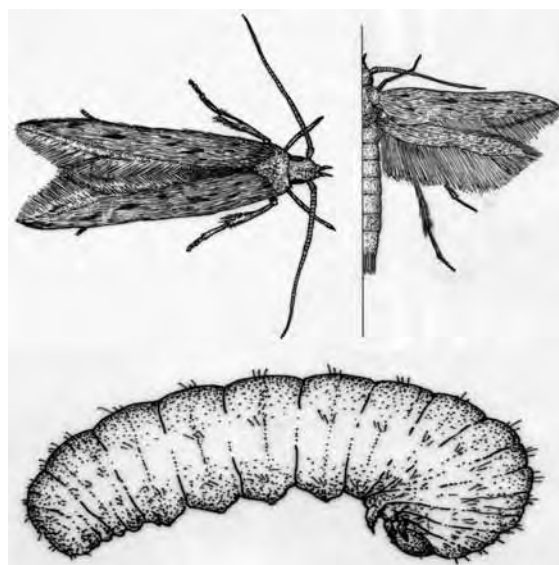


Fig. 9.20 *Sitotroga cerealella*: adulto, detalle de alas y larva (J. A. Barreña Calluela)

en temperaturas de 16-35° C y humedad relativa por encima del 30%.

Es una plaga muy dañina, capaz de atacar al arroz intacto, sin daños previos. La infestación puede iniciarse en campo, antes de la recolección, o bien una vez que el grano se encuentra almacenado. En Andalucía son frecuentes las capturas de adultos en polilleros, si bien no se da una correlación entre dichas capturas y la presencia de larvas en el arroz cáscara. El principal daño es la degradación del grano a causa de las galerías que excavan las larvas; además, se produce un calentamiento y un aumento de la humedad del grano, lo que favorece el ataque de otros insectos y hongos.

5.6.- *Liposcelis bostrychophila*, *Liposcelis decolor* y *Liposcelis entomophila* (orden Psoptera, familia liposcelidae), *Lepinotus reticularis* (orden Psocoptera, familia Trogiidae)

Los psócidos son comúnmente conocidos como “piojos de libros”. Son insectos pequeños (1-2 mm de longitud) y de cuerpo blando. Los del género *liposcelis* presentan un color amarillo o transparente y no tienen alas, mientras que los adultos de *Lepinotus reticulatus* tienen alas rudimentarias y son de color negruzco. Los psócidos se pueden confundir fácilmente con ácaros depredadores, si bien los piojos son más grandes, poseen largas antenas (Fig. 9.21) y presentan movimientos característicos, rápidos e intermitentes (a saltos).

Estas especies se atrapan fácilmente con trampas de caída colocadas en los montones de grano. También se pueden capturar con trozos de



Fig. 9.21. Psócido: *Liposcelis bostrychophila* (P. Del Estal Padillo)

cartón ondulado, que se colocan en las estructuras del almacén o en el suelo.

Los huevos eclosionan dando lugar a ninfas que son parecidas a los adultos, aunque de menor tamaño menor y de color más claro. Desde la eclosión hasta el estado de adulto transcurren unos 20-30 días. Los adultos pueden vivir varios meses, dependiendo de las condiciones de temperatura. Su reproducción es sexual, a excepción de *L. bostrychophila*, que lo hace por partenogénesis. Las condiciones óptimas para su desarrollo se sitúan en temperaturas de 18-36° C y valores de humedad relativa superiores al 60%.

Se alimentan de productos almacenados y de hongos. Se consideran de importancia secundaria debido a su pequeño tamaño. Su principal daño es la contaminación, aunque, si el grano ya está previamente dañado, también pueden alimentarse del embrión o del endospermo. Su presencia es frecuente en los almacenes de arroz de Andalucía, aunque los daños que causan no son visibles. También tienen facilidad para penetrar en los paquetes de arroz (o de otros productos procesados) por pequeñas aberturas, si no están bien cerrados.

5.7.- Enemigos naturales de las plagas de almacén

5.7.1.- *Anisopteromalus calandrae*

Es un himenóptero perteneciente a la familia pteromalidae. Se trata de pequeñas avispijas de 1,5-3 mm de longitud, de color oscuro (Fig. 9.22) y de vida corta (algunos días), que son atraídas por la luz. La hembra pone los huevos en las larvas que se ubican dentro del grano de arroz, como las de *S. oryzae*, *R. dominica* y *S. cerealella*. La larva de este parasitoide se alimenta de la larva de la plaga, causándole la muerte una vez



Fig. 9.22. Parasitoide pteromárido (P. Del Estal Padillo)

que emerge el adulto de *A. calandrae*. Estos himenópteros no dañan, pues, al arroz almacenado; por el contrario, efectúan un control biológico de sus plagas. Para que se establezcan son necesarios ciertos niveles poblacionales de la plaga. Hay que recordar que el producto comercial envasado no admite la presencia de ningún tipo de insecto, aunque se trate de un enemigo natural de las plagas de almacén.

5.7.2.- *Cheyletus malaccensis*

Es un ácaro (pequeño arácnido) perteneciente a la familia cheyletidae, depredador de otros ácaros, de huevos y de larvas jóvenes de diversas plagas, que dañan al grano almacenado. En Andalucía se ha identificado la especie *Cheyletus malaccensis*, apenas visible a simple vista. Es de color amarillento o anaranjado, con forma de diamante, con pelos y largas patas (Fig. 9.23). Necesita una temperatura superior a 20° C para estar plenamente activo.



Fig. 9.23.- Ácaro depredador: *Cheyletus malaccensis* (P. Del Estal Padillo)



Procesamiento industrial y calidad

Procesamiento Industrial y Calidad

Aunque este libro trata fundamentalmente sobre agronomía, consideramos conveniente exponer, de forma resumida, el procesamiento industrial del grano de arroz e incluir algunas ideas sencillas sobre los principales atributos que determinan su calidad, así como la apreciación o valoración de dichos atributos por los consumidores.

1.- Proceso de elaboración

El arroz maduro recién cosechado (arroz cáscara verde), antes de su almacenamiento, debe ser sometido primero a un proceso de limpieza, con el fin de eliminar las partículas térreas y los residuos de material vegetal (trozos de hoja, pedicelos, etc.), seguido de un proceso de secado. Su posterior procesamiento industrial (Fig. 10.1) se inicia con el descascarado del arroz cáscara seco (arroz *paddy*) mediante máquinas provistas de dos rodillos de caucho en paralelo, tangentes entre sí, que giran en sentido contrario (el arroz pasa entre ambos rodillos siendo sometido a una presión regulable que provoca su descascarado). Una vez separado el grano de su cascarilla, ambos componentes son evacuados por salidas independientes mediante un mecanismo de aspiración. El grano evacuado pasa a través de "separadoras de paddy", que separan al grano bien descascarado del pequeño porcentaje que escapó con cascarilla, con el fin de que este último vuelva a ser sometido a un nuevo proceso de descascarado con rodillos ajustados a una presión superior.



Fig. 10.1.- Elaboración del arroz. Esquema del proceso industrial.

En una segunda etapa del procesado industrial se eliminan los tegumentos seminales, el pericarpio, la capa de aleurona y el embrión (germen), quedando el grano reducido al endospermo. La operación se lleva a cabo en dos etapas, denominadas blanqueado y pulido. En las máquinas blanqueadoras el grano es friccionado por una pieza rotativa que está recubierta de un material abrasivo. El grano descascarado suele sufrir dos pases en esta máquina. A continuación el grano, ya blanqueado, se somete a un par de pases por las máquinas pulidoras que suavizan las aristas originadas en las máquinas blanqueadoras, quedando satinada su superficie. En cada pasada, el salvado y el germen separados por esta operación son extraídos mediante máquinas neumáticas. Es obvia la necesidad de una regulación precisa para conseguir una elaboración eficiente y, a la vez, minimizar el porcentaje de granos partidos. Existen operadores electrónicos que evalúan el grado de blancura y ordenan las regulaciones o ajustes convenientes, sustituyendo al ojo clínico del experto molinero.

Finalmente, es necesario seleccionar los granos enteros separándolos de los granos verdes, partículas térreas y metálicas, granos partidos, picados, manchados, rojos, semillas extrañas así como de los granos mal descascarados y otras impurezas. Los granos verdes y las partículas finas se suelen suprimir mediante calibradores rotativos. Los granos partidos mediante desmediadores rotativos de alvéolos ("trieurs"). Las partículas pesadas son separadas por máquinas deschadoras ("distoners"), mediante un mecanismo análogo al empleado en las mesas densimétricas. Existen máquinas seleccionadoras ópticas que detectan la presencia de granos con coloraciones anormales (rojos, picados o manchados) que son eliminados a su paso por un mecanismo impulsor de aire comprimido. Mediante detectores magnéticos son eliminadas las partículas férricas, siendo necesario recurrir a detectores electrónicos para la supresión de partículas de otros metales.

Así pues, a partir de arroz cáscara se obtiene arroz blanco previo paso por arroz cargo (Fig. 10.2) Terminado el proceso de molinería comienza la fase de empaquetado del producto, que se ve sometido a nuevos controles de calidad.



Fig. 10.2.- De izquierda a derecha: arroz cáscara (paddy), cargo (integral) y blanco (milled)

2.- Rendimientos industriales

A lo largo del proceso de elaboración del arroz cáscara seco se obtienen, además del producto final (el arroz blanco y entero), una serie de subproductos. Se denomina rendimiento industrial en enteros al porcentaje que supone el arroz blanco entero (es decir, los granos enteros) respecto al peso total de la muestra de arroz cáscara seco utilizada en el proceso de elaboración. Para el cálculo del rendimiento total (Tabla 10.3) se suman al porcentaje en enteros los porcentajes correspondientes a los granos blancos medianos (también llamados partidos), tanto gruesos como finos.

Tabla 10.3.- Rendimientos industriales medios en arroz blanco y subproductos.

	Grano redondo	Grano largo
Arroz cáscara seco	100 %	100 %
Cascarilla	19 %	19 %
Salvado (incluido cilindro)	8 %	8 %
Morret (gérmen)	2 %	2 %
Arroz blanco (enteros)	60 %	57 %
Medianos (partidos) gruesos	4 %	5 %
Medianos (partidos) finos	5 %	6 %
Yesosos, verdes, picados, manchados, rojos, partículas...	2 %	3 %
Rendimiento total	60 %	57 %
Rendimiento en enteros	69 %	67 %

Los subproductos suponen, pues, poco más del 40% del peso del arroz cáscara seco. Las variedades tipo índica son generalmente más propensas a la rotura de granos, y por tanto, suelen tener mayor porcentaje de medianos y menor porcentaje de enteros que las japónicas. Los granos medianos, que tienen las mismas características nutritivas que los granos enteros, se destinan a la fabricación de harinas y sémolas, a la elaboración de cerveza y como pienso para los animales de compañía. De la fermentación del arroz se obtiene también vinagre y otras bebidas alcohólicas, como el sake japonés.

La cascarilla tiene diversos aprovechamientos agrícolas e industriales (camas para el ganado, fertilizante, aislante, etc.). Se suele utilizar como combustible para generar vapor de agua en el proceso industrial de vaporizado (*parboiling*) del arroz, que comentaremos más adelante. Las cenizas resultantes se usan en la formulación de abrasivos.

El salvado es muy nutritivo, siendo empleado principalmente en la alimentación del ganado, como harina o como componente de piensos. Por otra parte, los granos defectuosos (rojos, verdes, picados, manchados o yesosos) tienen un valor nutritivo cercano al del arroz sano (sin defectos), siendo también aprovechados como integrantes de piensos.

Otros aspectos relacionados con el rendimiento industrial se abordarán al tratar sobre la calidad de molienda y la calidad de composición de un lote de arroz.

3.- Concepto de calidad

Se puede definir la calidad de un producto como el conjunto de atributos que lo identifican y determinan su grado de aceptación por el consumidor. Es, pues, conveniente analizar cada uno de dichos atributos y tener presentes las preferencias del comprador.

En el caso del arroz, el concepto de calidad es bastante relativo ya que la importancia de los atributos deseados depende del colectivo implicado (agricultores, molineros, minoristas, consumidores, especialistas en nutrición, etc.). Así, para el agricultor y el molinero es prioritario el rendi-

miento en enteros (calidad de molienda), mientras que para el consumidor es primordial la calidad de cocción y la culinaria. Los consumidores prefieren arroces bien elaborados, con granos de elevada blancura, lo que va en detrimento del rendimiento industrial y de su calidad nutricional.

La calidad del arroz es además, en buena parte, subjetiva, ya que es el comprador quien la juzga. El consumidor de los países mediterráneos muestra cierta preferencia, para la mayoría de sus recetas culinarias, por las variedades tradicionales de grano medio o semilargo (japónica) y perlados, mientras que el mercado centroeuropeo demanda mayormente arroces de grano largo y cristalino (tipo índica). En general, los arroces perlados rompen más en molino que los cristalinos, lo que evidencia que la rentabilidad económica puede estar reñida con las preferencias de un determinado colectivo o sector. En los países orientales son apreciados los arroces de grano cocido pegajoso (glutinoso o *waxy*) para la elaboración de algunos platos tradicionales; en cambio, el consumidor occidental sólo demanda granos que queden sueltos tras la cocción. En algunas zonas de India y Pakistán, como ejemplo extremo, son apreciadas las variedades de arroz con grano de pericarpio rojo (arroz rojo), que son consideradas malas hierbas en el resto del mundo. Desde otro punto de vista, la calidad del arroz depende de las características genéticas de la variedad, de las condiciones ambientales donde se desarrolla el cultivo, de las prácticas agrícolas y de las condiciones de almacenamiento y procesado del grano.

Apenas un 5-6 % del arroz producido en el mundo se destina al comercio internacional que, por el contrario, se caracteriza por la existencia de numerosos tipos de grano (grano largo elaborado de alta y baja calidad, grano medio y corto de alta y baja calidad, arroz integral, vaporizado, aromático, etc.), con preferencias de calidad según el país comprador. Se ha avanzado considerablemente en el establecimiento de sistemas internacionales de clasificación (*standards*) relacionados con la calidad de grano, a fin de facilitar el comercio exterior, aunque, en buena parte, el concepto de calidad debe ser considerado en un contexto más concreto y local.

4.- Atributos de la calidad

El comportamiento del grano en la molienda y en la cocción determina el conjunto de atributos denominados “de proceso”, mientras que la apariencia del grano crudo y del grano cocido determinan los atributos sensoriales del arroz. Los restantes atributos se refieren a la calidad de composición de un lote de arroz y a la calidad nutricional y sanitaria.

En general, los atributos más valorados en el mercado son el rendimiento en enteros, la apariencia del grano elaborado (principalmente su longitud, grado de perlado y blancura) y la uniformidad del producto. Los atributos relacionados con la calidad de cocción y nutricional son menos valorados por el consumidor español, que suele basar la calidad culinaria en la apariencia del grano crudo, salvo en contadas variedades, como Bomba. En general, dicho consumidor prefiere que tras la cocción los granos queden con una consistencia adecuada (suelos e íntegros, que no se pasen y con una adecuada resistencia a la masticación), con escasa adhesividad superficial (que no se peguen), con reducido tiempo de cocción (baja temperatura de cocción) y con una elevada absorción de los sabores.

Los atributos de la calidad los vamos a clasificar en seis grandes grupos: calidad de molienda, calidad sensorial del grano elaborado, calidad de cocción, calidad culinaria, calidad de composición de un lote y, finalmente, calidad nutricional y sanitaria.

4.1.- Calidad de molienda

Es el conjunto de atributos que determinan el comportamiento del grano durante su proceso de elaboración, que consiste en desproveerle de la cascarilla, de las capas superficiales (salvado) y del embrión, con el objetivo principal de obtener un arroz lo suficientemente blanqueado para su comercialización. Por ello, los granos son forzados a rozamiento contra superficies abrasivas, lo que puede provocar roturas en los estructuralmente débiles. Dado que el valor del grano blanco entero casi triplica al del roto, el segundo objetivo del procesamiento industrial consiste en minimizar el porcentaje de granos partidos, o dicho con otras palabras, en maximizar el rendimiento en enteros,

concepto ya descrito al hablar de rendimientos industriales. La industria debe, pues, escoger el grado de elaboración mínimo que le permita conseguir un grano lo suficientemente blanco para ser comercial. El rendimiento en enteros depende de la variedad, pero también se ve seriamente afectado por las condiciones previas de manejo del arroz durante su cultivo, recolección, almacenamiento y elaboración, ya que dichas condiciones pueden propiciar el desarrollo de fisuras en el arroz cáscara y un aumento de la susceptibilidad a roturas durante su elaboración.

La valoración de la calidad de molienda de una muestra de arroz se suele llevar a cabo, directamente y con gran facilidad, mediante pequeños molinos (Figs. 10.4 y 10.5), que simulan las sucesivas operaciones del proceso industrial. Los resultados obtenidos (rendimiento total y en enteros) en diferentes laboratorios no son siempre coincidentes o comparables, dada la variabilidad existente en factores tales como tipo de molino, ajustes de funcionamiento del mismo (características y estado de los discos abrasivos, tiempo y grado de elaboración, etc.) y condiciones de la muestra empleada (forma de almacenamiento y conservación, porcentaje de humedad, grado de limpieza, etc.). En este sentido, no es aconsejable extrapolar al proceso industrial los resultados obtenidos en laboratorio si previamente no se han determinado factores de conversión entre el molino de laboratorio y el industrial. Se han realizado avances significativos para estandarizar el procedimiento de determinación de los rendimientos al molino en laboratorio, aunque aún se mantiene un cierto grado de imprecisión, por ejemplo en un factor tan importante como el grado de elaboración (peso de salvado eliminado en el arroz cargo). Para comparar la calidad de molienda de dos muestras de arroz debe ser similar su grado de elaboración. Lógicamente, conforme aumenta dicho grado disminuye el rendimiento total y en enteros.

Se suele asociar la apariencia del grano con su susceptibilidad a roturas. Es claro que los granos con forma arriñonada, o con surcos profundos, exigen un mayor grado de elaboración. En general, aunque no siempre, las variedades perladas rinden menos en enteros que las cristalinas, dado que las zonas opacas (perladas) del grano son más propensas a fracturas. Se sabe



Fig. 10.4.- Antes del proceso de molinería, se separan los granos llenos de los vacíos (arriba) y se limpian (abajo). Laboratorio IFAPA-Centro "Las Torres-Tomejil"



Fig. 10.5.- De arriba a abajo: descascarilladora, pulidora y separador de granos partidos. Laboratorio IFAPA-Centro "Las Torres-Tomejil"

que cada variedad tiene una humedad (o corto tramo de humedad) óptima para su recolección. Con esta salvedad, las variedades de grano largo suelen romper más que las de grano corto o semilargo, teniendo en cuenta que existen otros factores post-cosecha que también influyen en el rendimiento industrial.

La normativa española y europea clasifica la calidad del arroz blanco envasado exigiendo, para cada categoría, un contenido mínimo de gra-

nos enteros sin defecto y un máximo de granos rotos; de ello y del contenido en granos defectuosos, que también influye en los rendimientos industriales, trataremos en el apartado sobre la calidad de composición de un lote de arroz.

4.2.- Calidad sensorial del grano elaborado

La apariencia del grano crudo elaborado es el criterio más importante en la valoración del arroz por parte del consumidor, que suele considerarla como un indicador fiable de la calidad del producto, lo que no siempre es cierto, ya que existen variedades de grano redondo y semilargo con características molineras, de cocción y culinarias que suelen atribuirse a las de grano largo y viceversa. Las dimensiones del grano (longitud y anchura) y su forma (relación longitud/anchura) son los atributos determinantes para su clasificación, procesamiento y comercialización, seguidos por su tipo de perlado y, en menor grado, por su blancura y transparencia. También es conveniente conocer el peso de los 1000 granos, el peso específico y la uniformidad de la muestra.

La distancia que separa ambos extremos del grano constituye su longitud. En el punto equidistante de dichos extremos se pueden medir dos distancias laterales (ventrales), una perpendicular a la otra; la mayor es la anchura del grano, la menor se denomina grosor. En general, la longitud del grano elaborado de las diversas variedades cultivadas en Andalucía oscila, como máximo, entre 5 y 7.4 mm, su anchura entre 2 y 3.4 mm, su grosor entre 1.5 y 2.3 mm y su relación longi-

tud/ anchura entre 1.5 y 3.5. Existen granos a la vez largos y anchos (por ejemplo los de algunas variedades híbridas) que se suelen llamar “carolinós”. En el mercado internacional puede adquirirse arroz blanco con más de 8 mm de longitud (el llamado tipo *surinam*).

La legislación española establece tres grupos de arroz elaborado en función de su longitud. La legislación de la Unión Europea define cuatro

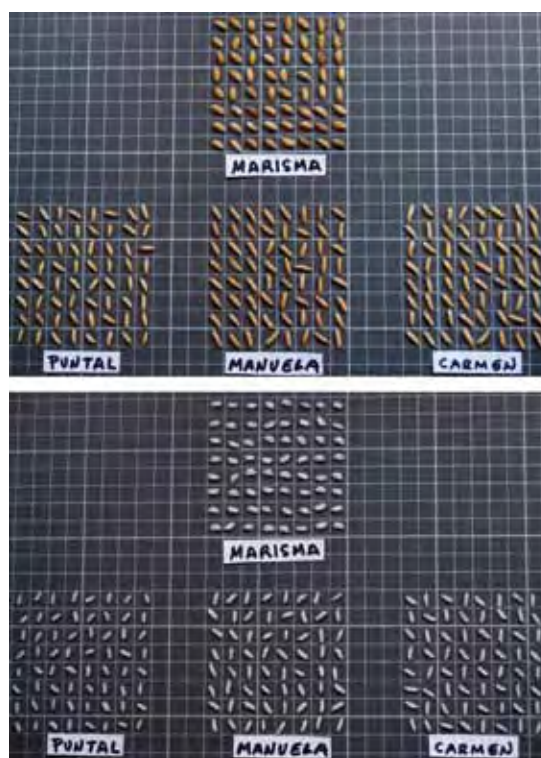


Fig. 10.7.- Marisma es de grano semilargo. Carmen, Manuela y Puntal son de grano Largo B; las dos primeras destacan por su mayor longitud de grano.

Tabla 10.6.- Criterios de clasificación comercial según tipo de grano en España y la UE.

		Longitud (mm)	Relación longitud/anchura
Clasificación comercial del grano elaborado en España	Redondo	Hasta 5,2	< 2
	Medio o semilargo	Entre 5,2 y 6,0 (ambos no inclusive)	--
	Largo	A partir de 6,0	--
Clasificación comercial del arroz cáscara según características del grano elaborado en la Unión Europea	Redondo	Hasta 5,2	< 2
	Medio	Entre 5,2 y 6,0 (ambos no inclusive)	< 3,0
	Largo A	A partir de 6,0	Entre 2,0 y 3,0 (ambos no inclusive)
	Largo B	A partir de 6,0	A partir de 3,0

grupos de arroz cáscara según las dimensiones y forma del grano una vez elaborado (Tabla 10.6).

Para medir las dimensiones del grano se utilizan aparatos ópticos de análisis de imagen (con programas informáticos incorporados) que, aunque costosos, van sustituyendo a los métodos tradicionales (calibradores, micrómetros, etc.), menos precisos y más laboriosos. Las dimensiones del grano en sus diferentes formas (cáscara, cargo y elaborado) están altamente intercorrelacionadas, de forma que pueden compararse los granos de diversas variedades sin necesidad de elaborarlos. En general, los valores biométricos del grano de una variedad son bastante estables, aunque algunas condiciones de cultivo pueden afectarlos; así, temperaturas excesivamente altas durante su llenado y maduración pueden disminuir su peso y dimensiones.

Normalmente para indicar el peso del grano de una variedad se calcula la media de una muestra de 1000 granos, limpios y llenos. Dicha determinación se puede efectuar sobre arroz cáscara, cargo o elaborado. El peso de los 1000 granos cáscara puede oscilar entre 25 y 42 gramos, dependiendo de la variedad y, en menor grado, de las condiciones de cultivo. Los granos semilargos de las variedades japónicas suelen ser más pesados que los granos largos de las tipo indica.

El peso específico se define como el peso por unidad de volumen. Se suele determinar sobre una muestra de arroz cáscara limpio y libre de granos vacíos, obteniéndose valores, según variedades, que oscilan entre 500 y 650 g/l. Diversos factores afectan al peso específico como la forma del grano, su pubescencia, porcentaje de humedad y grado de maduración. El descascarado (arroz integral) incrementa el peso específico del grano. Las medidas más altas se alcanzan, sin embargo, en el arroz blanco, tanto más cuanto mayor haya sido su grado de elaboración.

Conocer la uniformidad de una muestra de granos es también conveniente. Con este fin, para cada atributo (tamaño de grano, forma, peso, etc.) se calcula su coeficiente de variación, que nos da una buena estimación del grado de dispersión o variabilidad del atributo entre los granos de la muestra.

Se dice que un grano de arroz es “perlado” si posee zonas opacas (no cristalinas) en su

endospermo, debido a un defectuoso empaquetamiento (encaje) de las células que lo componen (Fig. 10.8). En la mayoría de los países la presencia de perla se considera un defecto comercial, ya que estiman que desmerece la presentación del grano y su calidad culinaria; en cambio para el consumidor español dicha presencia es poco importante o incluso preferida. En una muestra de granos elaborados es conveniente conocer tanto el tamaño medio de la perla como el tipo de perla; sin embargo, el parámetro más importante es su porcentaje de granos perlados. El tamaño de la perla es el porcentaje del grano ocupado por sus “perlas”, solíéndose estimar mediante inspección visual (a ojo), calculando la media de los valores obtenidos sobre una muestra de 100 granos. El método utilizado es, pues, en buena parte subjetivo. El porcentaje mínimo para considerar perlado un grano de arroz es muy variable, existiendo diversos criterios y normativas. Además, cuando las perlas son muy pequeñas (< 2 mm) no suelen ser detectadas a simple vista (salvo con la ayuda de una fuente luminosa), por lo que una variedad con apariencia cristalina puede ser realmente perlada. Se denomina tipo de perla a la posición que ésta ocupa en el grano. Una perla puede estar localizada en el centro del grano (*white center*) o en el lateral (*white belly*), más o menos internamente en ambos casos. Puede ocupar casi todo el grano (*milky white*), o incluso totalmente (arroz glutinoso o *waxy*). Comercialmente, una variedad se suele denominar perlada cuando la mayoría de sus de granos son perlados y el tamaño de su “perla” es claramente apreciable; de lo contrario la variedad



Fig. 10.8.- A la izquierda, perlado; a la derecha, vítreo

se clasifica como no perlada (cristalina). El perlado, además de por las características genéticas propias de la variedad, está influenciado por las condiciones climatológicas y las prácticas culturales, especialmente durante la recolección; así, temperaturas excesivamente altas durante la fase de llenado y maduración incrementan el asurado y el perlado del grano.

Si sobre una muestra de granos elaborados hacemos incidir la luz, una parte se refleja y el resto se refracta, es decir, atraviesa la muestra. La medida de la luz reflejada nos indica la blancura del grano mientras que la cantidad de la luz refractada nos mide su transparencia, existiendo diversos instrumentos ópticos para llevar a cabo ambas determinaciones. La blancura es valorada por el consumidor, aunque no es determinante en la aceptación del producto. Su intensidad (expresada en porcentaje) se incrementa conforme se aumenta el grado de elaboración del grano, hasta alcanzarse la blancura máxima, estabilizándose posteriormente aunque prosigamos la molienda. El perlado y el almacenamiento prolongado del grano (que puede amarillearlo) afectan negativamente al grado de blancura. En cualquier variedad, dosis excesivas de abonado nitrogenado disminuyen los porcentajes de blancura del grano y elevan su transparencia (aunque lo oscurecen), debido al incremento de su contenido en proteínas. Para la elaboración de arroz vaporizado no se utilizan las variedades de cascarilla oscura y pericarpio rojo a fin de evitar el oscurecimiento del producto elaborado por la difusión de pigmentos al interior del grano.

4.3.- Calidad de cocción

La calidad de cocción de una variedad viene determinada por el conjunto de atributos relacionados con el comportamiento de su grano durante dicho proceso. El consumidor aprecia mucho más los atributos del grano crudo que el comportamiento en la cocción del grano elaborado, con la excepción de alguna variedad especial, de forma que la calidad de cocción tiene, paradójicamente, un reducido valor comercial. Los atributos más destacados, evaluados sobre una muestra de granos enteros de arroz elaborado, son el tiempo o duración de la cocción, la temperatura de cocción, la absorción de agua en la cocción (cantidad

absorbida), la pérdida de sólidos del grano en el agua de cocción y el alargamiento del grano. Además, haremos algunas consideraciones sobre la calidad de una variedad de arroz para el proceso de vaporización.

La medida de los diferentes atributos está muy afectada por el método de cocción utilizado (volumen de agua con relación al peso de la muestra de arroz, temperatura y pureza del agua de cocción, etc.). De ello se desprende la necesidad de contar con una metodología normalizada a fin de disponer de resultados comparativos fiables, labor que están llevando a cabo diversas organizaciones internacionales, aunque todavía quedan bastantes especificaciones por establecer.

El endospermo de un grano de arroz maduro está repleto de células rellenas de gránulos de almidón, llamadas amiloplastos. El almidón está compuesto por moléculas de amilosa y de amilopectina. Las moléculas de amilopectina, que es la fracción más abundante, son de mayor tamaño y menos solubles en agua caliente que las de amilosa.

A temperatura ambiente, el almidón es poco soluble en agua. Si elevamos la temperatura, y debido a la penetración de agua caliente, la estructura de los gránulos de almidón empieza a alterarse y el grano de arroz se hincha de forma irreversible, aumentando su viscosidad y transparencia. Si continuamos incrementando la temperatura del agua los gránulos explotan y sus componentes se solubilizan.

Se denomina tiempo de cocción o de gelatinización de una muestra de arroz crudo al tiempo necesario para la gelatinización completa de sus gránulos de almidón. Si posteriormente el almidón gelatinizado se deja enfriar, en unas determinadas condiciones, tiene lugar un segundo proceso espontáneo, llamado de retrogradación, por el cual las moléculas de almidón gelatinizado se vuelven a asociar, formándose un precipitado de consistencia más dura y de aspecto cristalino. Las variedades con mayor contenido en amilosa suelen tener una mayor tendencia a la retrogradación; en otras palabras, dicho proceso se lleva a cabo en menos tiempo. El método directo para determinar el tiempo o duración de la cocción consiste en tomar una muestra de 10 g de granos elaborados

enteros, y se basa en la retirada de los granos cocidos a intervalos breves y regulares, chequeándolos, mediante aplastamiento entre dos cristales, hasta comprobar que el 90% de ellos tienen su almidón totalmente gelatinizado (Fig. 10.9). El objetivo es valorar el grado de resistencia del grano a la cocción. La duración del proceso de gelatinización suele rondar los 20 minutos, algo más en las variedades de granos voluminosos, los cuales

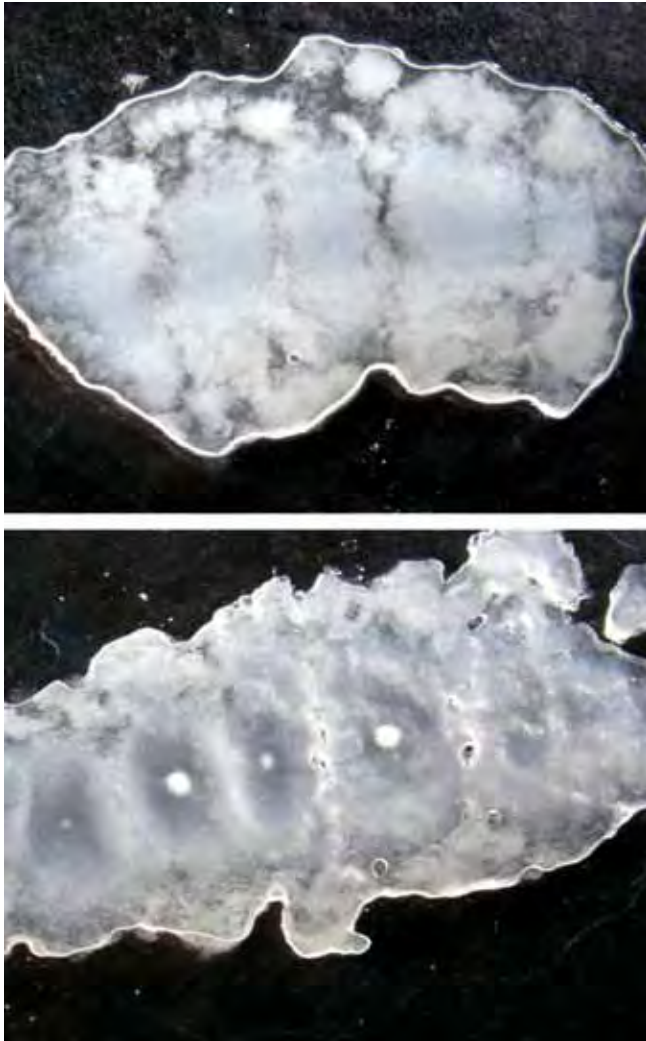


Fig. 10.9.- Granos con su almidón gelatinizado (arriba) y no completamente gelatinizado (con puntos blancos en su interior)

presentan mayores limitaciones a la difusión del agua caliente hasta su parte central.

Dado que los granos de la muestra se gelatinizan de forma escalonada, se considera temperatura de cocción (gelatinización) cuando la casi totalidad de los granos están gelatinizados. La temperatura de cocción se determina frecuentemente mediante un método indirecto, rápido y cómodo (el llamado test del álcali) que consiste en

añadir a la citada muestra de arroz una solución alcalina de hidróxido potásico (KOH) y, tras un tiempo determinado, inspeccionar visualmente los granos, estimándose la temperatura con la ayuda de una escala que valora el grado de dispersión del grano en la solución alcalina y la transparencia de dicha solución. Aunque este método es algo subjetivo, los valores obtenidos se correlacionan con los del método directo anteriormente descrito. Existen arroces con temperatura de gelatinización baja (55-69 °C); intermedia (70-74 °C); y alta (75-79 °C). Las variedades con mayor temperatura suelen requerir tiempos de cocción más largos. La temperatura de gelatinización depende principalmente de la variedad, pero también de las características físicas del grano, ya que éstas condicionan la accesibilidad del agua de cocción a su interior. A mayor grado de elaboración, menor es su temperatura de gelatinización, ya que las proteínas, los lípidos y ciertas sustancias céreas (que dificultan la entrada del agua) son más abundantes en las capas externas del grano. Las variedades japónicas suelen tener temperaturas de gelatinización más bajas que las de tipo indica.

La absorción de agua en la cocción se suele determinar por la diferencia existente entre el peso de una muestra de arroz elaborado entero (10 g) antes y después de la cocción. La entrada de agua caliente en el grano provoca también un aumento de su volumen, que puede ser igualmente evaluado por diferencia. Los valores obtenidos, tanto de la cantidad de agua de cocción absorbida por el grano como de su aumento de volumen, dependen de la variedad y, en menor grado, de las condiciones de cultivo y almacenamiento. A mayor contenido en amilosa suele ser más alta la cantidad de agua absorbida por el grano durante la cocción, debido a la afinidad de la amilosa por dicho líquido.

La cocción provoca un aumento de la solubilidad de la amilosa, de la amilopectina, e incluso de la proteína del grano, con la consiguiente pérdida (salida parcial) de sólidos en el agua de cocción. Dicha pérdida se puede cuantificar evaporando el agua de cocción y pesando los sólidos residuales. Se expresa en gramos de sólidos perdidos por 100 gramos de arroz. En la mayoría de los países, las variedades que rinden menos sólidos al agua de cocción (mayormente de tipo índi-

ca) suelen considerarse de mejor calidad culinaria; sin embargo, para la elaboración de ciertos platos, como el arroz en paella, el consumidor español prefiere las variedades japónicas que suministran más sólidos al caldo de cocción, espesándolo, adquiriendo el grano una textura más suave y cremosa. El tiempo de cocción y la pérdida de sólidos en el agua de cocción son dos atributos interesantes para la selección de variedades destinadas a la elaboración de arroces de cocción rápida (*quick*) o de determinados platos preparados.

El alargamiento del grano con la cocción se expresa frecuentemente como relación de alargamiento, es decir como el cociente entre la longitud del grano cocido y la longitud de grano crudo. Para su determinación se suele emplear una muestra de 10 granos. En general, los granos de las variedades japónicas se alargan más que los de tipo índica. El mayor porcentaje de perlado de las japónicas, que facilita la entrada del agua de cocción en el grano y disminuye su resistencia a la expansión, parece justificar dicha diferencia.

El arroz vaporizado se obtiene mediante la cocción parcial del arroz cáscara que, tras un breve secado, es sometido al proceso normal de elaboración (descascarado y blanqueo) en molino. La mencionada cocción inicial (*sancochado* o *parboiling*) provoca una mayor compactación o cementación de los constituyentes del grano cáscara, lo que incrementa su calidad de molienda. Las condiciones de secado posteriores al sancochado también afectan dicha calidad. El grano sancochado descascarilla más fácilmente, es más resistente a la rotura y alcanza mayor rendimiento en enteros que el grano crudo. La vaporización provoca la difusión hacia el interior del grano de

una parte apreciable de los minerales y vitaminas de las capas externas (que se perderían en el proceso de elaboración) por lo que el arroz vaporizado tiene mejor calidad nutricional que el no sometido a este proceso. El arroz vaporizado comercial (Fig. 10.10) tiene un color ligeramente ambarino y un aspecto más vítreo, duro y translúcido que los propios del grano crudo elaborado (blanco y opaco); además, necesita mayor temperatura y duración de cocción, rinde (pierde) menos sólidos en el agua de cocción, quedando el grano cocido algo más íntegro y consistente (esta relativa dureza desagrade a algunos consumidores) y más suelto (menor adhesividad, granos menos pegajosos). El arroz sancochado tiene mayor facilidad de enranciamiento que el no sometido a vaporización.

4.4.- Calidad culinaria

El consumidor estima las cualidades culinarias de una variedad de arroz basándose principalmente en los atributos del grano crudo (salvo en alguna variedad de excepcional calidad culinaria), aunque la textura del grano cocido, su aspecto (integridad, color), y en su caso, su aroma, ejercen una apreciable influencia en su elección. Además del precio, la apariencia del grano crudo y, con menor importancia, la textura del grano cocido son determinantes en el grado de aceptabilidad del producto.

Existen numerosos métodos para evaluar la textura del grano cocido. La subjetividad y dificultad que implican la utilización de un panel de catadores expertos (demasiado tiempo y peso de muestra) hacen que este método sensorial sea poco utilizado. La textura se puede estimar indirectamente valorando el contenido en amilosa de una muestra de harina de arroz elaborado e incluso mediante la determinación de la consistencia del gel. Sin embargo, ambas determinaciones físico-químicas son bastante laboriosas por lo que son más utilizados los métodos mecánicos, especialmente el basado en el texturómetro Instron (Fig. 10.11), que caracteriza la textura del arroz cocido midiendo su consistencia y adhesividad (Fig. 10.12).

La consistencia indica el grado de resistencia a la masticación del grano cocido y se evalúa midiendo la presión necesaria (kg/cm^2) para proceder a la extrusión (paso) de una muestra de



Fig. 10.10.- Arroz vaporizado (izquierda) y arroz blanco normal

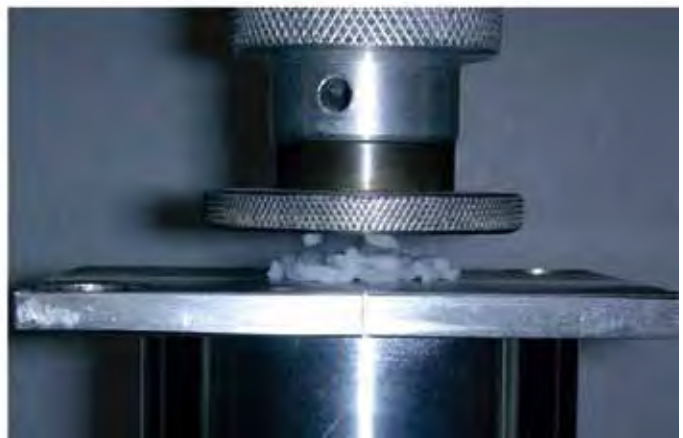
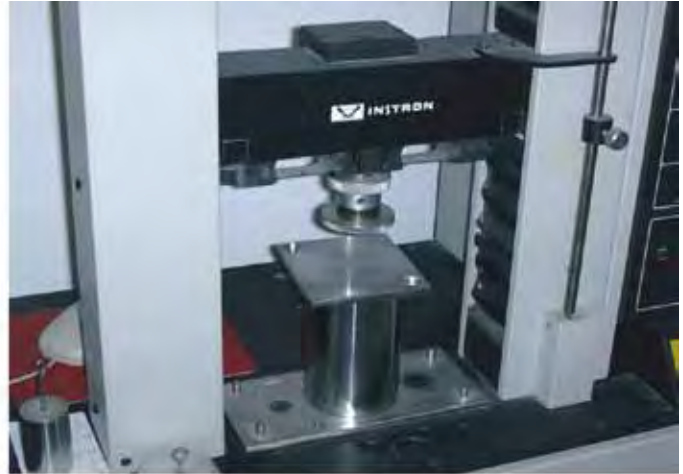


Fig. 10.11.- Instron: inicio de la determinación de la adhesividad del grano.

arroz cocido a través de los agujeros de una placa perforada de dimensiones determinadas. A mayor consistencia del grano cocido mayor es su resistencia a la masticación y menor su propensión a “pasarse”. La adhesividad define la mayor o menor tendencia del grano cocido a “pegarse”, que se cuantifica midiendo el trabajo (expresado en g/cm) necesario para separar dos superficies planas (pletinas) de acero entre las cuales se ha comprimido previamente, con una presión determinada, una muestra de arroz cocido. A mayor adhesividad mayor es la tendencia del grano a pegarse.

En la mayoría de los casos existe una alta correlación negativa entre los valores de consistencia y adhesividad; en otras palabras, a mayor consistencia menor adhesividad, no siendo imprescindible, aunque sí aconsejable, llevar a cabo ambas determinaciones, si se desea comparar la textura del grano cocido de diversas variedades. La textura de una variedad de arroz depende de sus condiciones de cultivo, de almacenamiento y de elaboración (por ejemplo, el fisurado y el exceso de elaboración incrementan la adhesividad,



Fig. 10.12.- Instron: determinación de la consistencia del grano.

por el contrario la duración de almacenamiento del grano cosechado la disminuyen). En su primitivo programa de ayuda a la producción de determinadas variedades de arroz de tipo ó perfil índica, la Unión Europea exigió que el grano elaborado cocido tuviese una consistencia no inferior a 0.85 kg / cm² y una adhesividad no superior a 2.5 g/cm. No debemos confundir el grano tipo índica, que es una mera clasificación comercial, con los granos obtenidos de las variedades de arroz de la subespecie índica.

La amilosa tiene una gran afinidad por el yodo, en cuya presencia da lugar a una coloración azul intensa, que es la base para su determinación, que consiste en añadir unos gramos de harina de arroz (Fig. 10.13) elaborado a una solución de hidróxido sódico (sosa caústica) y poner en contacto la suspensión resultante con una solución de yodo. A mayor intensidad de color de la suspensión más alto será el contenido en amilosa

de la muestra. Los arroces elaborados se clasifican en glutinosos (1-2%); de bajo contenido (7-20%); y de alto contenido (cuando superan el 25% de amilosa). Las variedades tipo índica tienen, en general, contenidos en amilosa mayores que las variedades japónica.

El contenido en amilosa es un parámetro muy importante para la evaluación de la calidad de cocción y culinaria del arroz, estando relacionado con otros atributos, considerándose como el principal condicionante de la textura del arroz cocido. Existe una correlación clara entre los parámetros obtenidos por el Instron y el porcentaje de amilosa. Las variedades con bajo contenido en amilosa dan lugar a granos cocidos de poca consistencia y alta adhesividad, al contrario que los granos de las variedades con alto contenido en amilosa, que son muy consistentes y poco adhesivos. En los arroces tipo índica se suele exigir que su almidón contenga al menos un 21% de amilosa. Parece



Fig. 10.13.- Obtención de harina de arroz para determinaciones de calidad.

ser que el consumidor español prefiere los arroces de poca adhesividad y bastante consistentes (que tengan, por tanto, un alto contenido de amilosa) aunque, paradójicamente, la mayoría de las variedades japónicas cultivadas en nuestro país (salvo algunas excepciones como Bomba y Albufera) están clasificadas de amilosa baja.

El test de la consistencia del gel es un método auxiliar e interesante para evaluar la textura del grano cocido, aunque de menor importancia que las determinaciones del contenido en amilosa y las de consistencia y adhesividad. Dicho test se basa en el proceso natural de retrogradación del grano gelatinizado, ya comentado en calidad de cocción, y se suele emplear para detectar posibles diferencias de textura entre variedades de similar contenido de amilosa, especialmente entre las de alto contenido. El método consiste en la gelatinización de una pasta de harina de arroz elaborado (mediante la adición de una disolución alcalina), seguida de un corto atemperado (dejando el gel a temperatura ambiente) y un enfriado final, según un procedimiento estandarizado. Dicho proceso se lleva a cabo en el interior de un tubo de ensayo colocado verticalmente. Tras el enfriado del gel, el tubo, que está graduado, se coloca en posición horizontal y se mide la longitud recorrida por el gel en un tiempo determinado. Según la distancia recorrida, la consistencia del gel se clasifica en blanda (61-100 mm); media (41-60 mm); y dura (26-40mm). Un recorrido corto (consistencia del gel dura) significa que la retrogradación ha sido rápida e indica que el grano quedará, en términos relativos, más endurecido tras la cocción y con mayores pérdidas de líquido de su interior. Por el contrario, los granos de las variedades con consistencia del gel blanda suelen quedar relativamente más tiernos y pegajosos tras la cocción. A mayor contenido en amilosa más dura suele ser la consistencia del gel. Un almacenamiento prolongado del arroz cosechado suele acarrear un ligero incremento de la consistencia de su grano cocido (endurecimiento de su textura) y, paralelamente, una ligera disminución del valor de la consistencia del gel.

El aspecto del grano cocido, aunque menos que el del crudo, es también apreciado por el consumidor. Los granos largos, durante la cocción, pueden desarrollar fisuras longitudinales, bifurcar

sus extremos en forma de X, más o menos pronunciada, o incluso, lo que es peor, llegar a partirse. En los granos cortos y semilargos las fisuras suelen ser transversales. El consumidor prefiere que los granos queden íntegros tras la cocción. Salvo en arroces vaporizados, más ambarinos, parece inclinarse por los granos cocidos de mayor blancura.

Tras su cocción, los granos de algunas variedades, como las incluidas en los grupos Basmati y Jazmín, desprenden diversos aromas (a palomitas de maíz, a jazmín, etc.). Para su evaluación se añade una solución de hidróxido potásico al 1,7% al agua de cocción, con el fin de propiciar la emisión de dichos aromas, que pueden ser estimados por catadores expertos, utilizando, normalmente, una escala de cuatro valores: ausencia de aroma, débil, normal y alta aromaticidad. Se sabe que el principal compuesto químico que confiere aroma a estas variedades es el 2-acetil-1-pirrolina, existiendo un método analítico, aunque bastante costoso, para su valoración.

4.5.- Calidad de composición del lote

En cada lote de arroz se encuentran diversos componentes que devalúan su calidad (granos rotos, granos defectuosos, granos de otras variedades, materias extrañas). Las legislaciones española y europea, con normativa no siempre coincidente, establecen las definiciones, así como los porcentajes y tolerancias permitidos, para cada componente en cada tipo y categoría de arroz comercial.

La norma española define como “entero” al grano elaborado entero o ligeramente despuntado, exigiendo que su longitud sea mayor de las $\frac{3}{4}$ partes de la correspondiente al grano elaborado completo, y lo denomina “partido o mediano” cuando su longitud relativa es inferior a dicha fracción.

El grado de pureza de una variedad (“pureza varietal”) de un determinado lote de arroz disminuye, lógicamente, conforme aumenta su contenido en granos de otra variedad, considerándose también “impuros” sus propios granos malformados. Ambos deben ser separados del grano puro (normalmente por medios mecánicos), antes o durante la elaboración, con el correspondiente aumento de costes y disminución de rendimientos industriales; de no llevarse a cabo dicha separa-

ción disminuiría la calidad del lote y la del grano cocido resultante.

En una determinada variedad, se consideran “granos defectuosos” (verdes, yesosos, rojos y veteados en rojo, manchados, pigmentados, picados y deformes) a los que tienen características comerciales no deseables para el consumo humano, por lo que deben ser eliminados o separados (Fig. 10.14). Los granos verdes (inmaduros) y yesosos (con endospermo totalmente opaco) rompen más al molino y suponen un grave inconveniente para el sancochado (vaporizado) así como para la presentación del producto comercial, por su falta de uniformidad, especialmente en los arroces de cocción rápida. La existencia de granos rojos o veteados rojos en el envase comercial, incluso en pequeño porcentaje, trae consigo una importante depreciación del producto, y constituye, por tanto, un grave inconveniente para el industrial molinero, que debe separarlos o sobreelaborarlos para eliminar su pericarpio rojo, con la consiguiente disminución del rendimiento industrial. Si dicha eliminación es parcial, permanecen en el grano restos de pericarpio en forma de vetas. Durante su almacenamiento, el arroz cáscara puede sufrir ataques de hongos que provoquen la aparición de “granos manchados” tras su elaboración. Además, puede sufrir procesos fermentativos que causen la aparición de “granos pigmentados” (granos elaborados de coloración amarilla o cobriza). En el capítulo de plagas ya comentamos las lesiones de



Fig. 10.14.- (de izquierda a derecha, de arriba abajo) Granos amarillos, picados, yesosos y manchados. (Cortesía de R. Carreres)

“granos picados” causadas por pudenda, que también obligan a separarlos o a apurar su blanqueo. Por último, dentro de los granos defectuosos, se incluyen los “granos deformes” (de puntas delgadas, asurcados, arriñonados, etc.), que acarrearán una disminución de la calidad molinera, culinaria y comercial del lote.

Se denominan “materias extrañas” a las distintas del propio grano de arroz (entero o partido), incluyendo la paja y cascarilla, los granos de otras especies, los restos vegetales, polvo, piedras, etc.

La legislación española regula el mercado interno del arroz elaborado distinguiendo tres calidades para los arroces redondos y semilargos (categorías Extra, I y II) y sólo dos (Extra y I) para los arroces largos y vaporizados. En cada categoría se exige un porcentaje mínimo de granos enteros (Tabla 10.15), además de unos porcentajes máximos de granos partidos, de granos defectuosos (principalmente yesosos) y de materias extrañas.

Tabla 10.15.- Categorías comerciales de los arroces en España

Grano	Categoría	Etiqueta	Granos enteros (%)	
Redondo o semilargo	Extra	Roja	92,7	
	I	Verde	86,5	
	II	Amarilla	79,8	
Largo	Extra	Largo	Roja	92,7
		Vaporizado		94,4
	I	Largo	Verde	87
		Vaporizado		90,3

Categoría Extra: un contenido máximo del 4% en granos partidos y del 0,1% en materias extrañas; al menos un contenido del 92,7% de granos enteros sin defecto, en el caso de arroz blanco normal, y del 94,4 % en arroz sancochado. **Categoría I:** un contenido máximo del 7% en granos partidos y del 0,25% en materias extrañas; al menos un contenido del 86,5% de granos enteros sin defecto, en el caso de arroces redondos y

semilargos, del 87% en caso de grano largo y del 90,25 % si se trata de arroz vaporizado. **Categoría II:** un contenido máximo del 12% en granos rotos y del 0,25% en materias extrañas; un mínimo del 79,75% en granos enteros.

En cada categoría se permite un porcentaje máximo de humedad del grano del 15%, y se tolera un incremento del 1% en el contenido de granos yesosos, siempre y cuando dicho contenido vaya en detrimento del porcentaje permitido en granos partidos, debiéndose, pues, mantener para cada categoría las correspondientes exigencias en granos enteros.

La legislación europea, en cambio, clasifica el arroz blanco en cuatro categorías de calidad (Superior, Primera, Segunda y Granos Quebrados), en función de su contenido en granos partidos y defectuosos.

4.6.- Calidad nutricional y sanitaria

Mediante el proceso de elaboración se incrementa la digestibilidad y palatabilidad del grano al extraer la pequeña proporción de sustancias fibrosas y tóxicos naturales contenidas en el salvado y el germen. El almidón supone alrededor del 90% del peso seco del arroz blanco y del 83% del arroz integral (carga), lo que evidencia que su riqueza aumenta hacia el centro del grano.

La proteína es el segundo componente más importante. A nivel mundial, el contenido en proteínas del grano de arroz, entero y seco, varía entre el 4-19%, en función de la variedad y sobre todo de las condiciones climáticas y de cultivo (radiación solar, temperatura durante la maduración, abonado nitrogenado, etc.). Con la eliminación de las capas externas y del embrión, dicho porcentaje disminuye hasta en una cuarta parte, incluso algo más en caso de alto grado de elaboración. En Andalucía el contenido proteico del arroz carga seco se sitúa en torno al 8-9 %, y el del arroz blanco seco alrededor del 5-8 %. La glutelina, también denominada oryzenina, es la proteína más importante del arroz, constituyendo el 80% de la fracción proteica del grano elaborado. La glutelina es rica en lisina, que es un aminoácido esencial en la nutrición humana y limitante en la proteína de todos los cereales. El arroz tiene un bajo contenido en proteínas aunque algo superior, y de mayor valor nutritivo (biológico) al de otros cereales como el

trigo o el maíz. El arroz carga es mucho más rico en lisina que el elaborado, ya que el contenido en el germen y en el salvado son superiores al del endospermo. En cualquier caso, el arroz tiene un bajo contenido en gluten por lo que puede ser consumido por los celíacos, sin reacciones alérgicas. En los últimos años se han obtenido, mediante ingeniería genética, algunas variedades transgénicas de arroz con alto contenido en lisina a fin de mejorar la calidad nutritiva de una parte considerable de la población mundial, cuya dieta se basa en este cereal, si bien dicho aumento de porcentaje proteico viene normalmente acompañado de una ligera disminución del rendimiento en grano. Cabe destacar la alta digestibilidad de las proteínas del arroz cocido, cercana al 90%, por encima de la de otros cereales.

El contenido de lípidos en el arroz es muy bajo, concentrándose en el embrión, en forma de gotitas de grasa y, en menor grado, en la capa de aleurona. Su prácticamente despreciable contenido en grasas convierte al arroz elaborado en muy aconsejable para dietas de adelgazamiento (además, en el escaso contenido graso dominan los ácido linoleico y oleico, que rebajan el nivel de colesterol en sangre). El arroz posee un bajo contenido de fibra bruta (el 1% en arroz carga y el 0.5% en el elaborado). También es bajo, pero más apreciable, su contenido en fibra dietética, constituida por hidratos de carbono no digeribles (celulosas, hemicelulosas y pectinas). El salvado es mucho más rico en fibra dietética que el endospermo, lo que da ventaja al arroz integral sobre el blanco para este componente.

El arroz integral tiene un buen contenido en fósforo y en algunas vitaminas (niacina, tiamina y, en menor grado, riboflavina) y apreciables niveles de potasio, silicio, zinc, calcio y magnesio; en cambio, el arroz elaborado es deficiente en la práctica totalidad de minerales y vitaminas. Hace varios siglos, el descubrimiento de las propiedades curativas del salvado salvó a muchos marineros de la enfermedad carencial del *beri-beri*, que se contraía durante las largas travesías si la alimentación se basaba en arroz blanco, sin otros aportes vitamínicos; la falta de tiamina, llamada vitamina B1, era la causante de dicha enfermedad. Su bajo contenido en sodio hace que el arroz integral sea indicado para dietas bajas en sal. Es conocida

la utilización de “agua de arroz” para el control de diversos desajustes digestivos. En la elaboración de arroces procesados (de cocción rápida, platos preparados, etc.) está permitido adicionar algunos componentes naturales del grano (proteínas, lípidos, fibra dietética, etc.) a fin de modificar y mejorar los procesos de gelatinización y retrogradación del almidón.

En los paquetes de arroz suele existir un recuadro informando de su valor nutritivo por cada 100 g, indicando su valor energético, contenido en proteínas, en hidratos de carbono y en grasas. Las calorías por cien gramos suelen situarse en torno a las 370 en el caso de arroz blando y en sólo 340 si es integral.

Con respecto al nivel sanitario, la legislación nacional e internacional (UE, FAO, OMS, etc.) establece las tolerancias, contenidos máximos y categorías de arroz a granel y envasados con relación a su nivel de contaminantes físicos, contaminantes químicos y contenidos de insectos y microorganismos. Para los contaminantes físicos, ambas legislaciones exigen que el arroz ha de estar limpio, estableciendo unos porcentajes máximos en sustancias extrañas, no tóxicas, como cascarilla, residuos vegetales, granos de otras especies, piedras, polvo, etc. Dichos porcentajes permitidos varían según el tipo y la categoría comercial del arroz.

En cuanto a los contaminantes químicos, se obliga a que el arroz esté exento de olores y/o sabores extraños y se fija un porcentaje máximo de humedad del grano, del 13 al 16%, según los casos. Existe una normativa europea que fija la lista de materias activas y sus residuos químicos máximos tolerados en el grano de arroz. El Reglamento Específico de Producción Integrada de Arroz en Andalucía menciona el nivel máximo de residuos (procedentes fundamentalmente de las aplicaciones de productos fitosanitarios) permitidos en el grano cosechado. Es de destacar que el comprador mayorista europeo frecuentemente exige, para determinadas materias activas y compuestos químicos, niveles de residuos aún inferiores a los permitidos. La existencia de olores puede ser debida al enranciamiento del arroz en almacén, a restos de material vegetal y de fertilizantes, a humos, así como a la presencia de hongos, insectos y deposiciones de animales. Existen inspectores

expertos que se encargan de juzgar el tipo y la severidad de dichos olores extraños.

Diversas normativas exigen que el arroz esté sano, libre de hongos, podredumbres, insectos, vivos o muertos, y de parásitos. Por ejemplo, para las transacciones internacionales, la FAO clasifica los arroces en libres de insectos y arroces ligeramente infectados; en este último caso se permite un máximo de 20 insectos por 100 kg de arroz, de los cuales no más de 5 sean gorgojos.

5.- Calidad de las variedades cultivadas en el sur de España.

El concepto de calidad es algo relativo, existiendo diversos atributos, con cierto grado de interrelación. Se conocen los atributos más determinantes en la calidad de una muestra o variedad de arroz y los más valorados por el consumidor español, así como la clara influencia que sobre ellos tienen las condiciones climáticas (factor año) y las prácticas de cultivo. Sin embargo, en nuestra opinión, tratándose de regiones españolas la procedencia no influye significativamente sobre la calidad de una determinada variedad de arroz y, en este sentido estimamos que las Denominaciones de Origen (en el caso del arroz) tienen un sentido meramente comercial.

Aunque la distribución de la superficie sembrada de arroz en Andalucía es cambiante, el mayor porcentaje (85-90%) corresponde a las variedades tipo índica (de grano largo B) seguido del de las variedades japónica (8-13%), de grano medio o semilargo. Las variedades híbridas ocupan alrededor de 600-900 ha, siendo en su casi totalidad de tipo índica. Solamente se dedican algunas decenas de hectáreas a la variedad Bomba, de grano corto o redondo.

La Tabla 10.16 muestra los valores de los principales atributos de calidad de una colección de variedades de arroz cultivadas en Andalucía. Conociendo el riesgo que supone la extrapolación, pero en aras a la sencillez, nos atrevemos a clasificar las variedades andaluzas en cuatro grupos, de acuerdo con su método de obtención, su tipo de grano y otros atributos.

Grupo I. Variedades tipo índica, de grano largo B (Puntal, Thaibonnet, Mínima, Jacinto, Carmen, Manuela, etc.). Son de grano cristalino,

Tabla 10.16.- Variedades de arroz agrupadas según atributos de calidad.
M. Aguilar, R. Carreres).

Variedad	Tipo de grano	Consistencia		Adhesividad		Contenido amiloso		Tiempo de gelatinizac.		Absorción del agua		Relación de alargamien.		Consisten. del gel		Peso de los 1000 granos	
		kg/cm ²		g x cm		%	minutos	g/g	mm	gr							
Grupo I Variedades convencionales tipo ÍNDICA	PUNTAL	Largo B (tipo Índica)	1,25	1,31	17,5	20	2,0	1,3	30	23,1							
	THAIBONNET	Largo B (tipo Índica)	1,10	0,92	18,9	21	2,1	1,3	58	26,1							
	CARMEN	Largo B (tipo Índica)	0,99	0,94	17,5	20	1,9	1,3	29	23,2							
Grupo II Variedades convencionales JAPÓNICAS	BAHIA	Medio (Japónica)	0,70	4,91	17,5	18	1,9	1,8	70	34,2							
	FONSA	Medio (Japónica)	0,75	3,18	18,9	21	1,6	1,6	75	28,9							
	J. SENDRA	Medio (Japónica)	0,67	3,32	17,5	18	1,8	1,8	78	31,5							
	ULLAL	Medio (Japónica)	0,64	4,88	17,3	20	1,9	1,6	77	28,8							
	MARISMA	Medio (Japónica)	0,79	4,15	18,7	20	1,6	1,5	60	38,9							
Grupo III Variedades híbridas (en general tipo índica)	SYCR-128	Largo B (tipo Índica)	1,04	1,33	23,6	24	2,1	1,4	28	27,9							
	SP-601	Largo B (tipo Índica)	0,99	0,94	24,2	21	1,9	1,5	30	23,4							
	SYRC-86	Largo B (tipo Índica)	1,23	0,95	27,0	25	2,2	1,5	38	26,8							
	SY-581	Medio (Japónica)	0,78	2,89	19,7	19	1,8	1,7	28	23,4							
Grupo IV	BOMBA	Redondo (Japónica)	1,10	1,27	24,3	18	2,0	1,9	28	28,5							

con alto contenido en amilosa, una temperatura de cocción media-alta, una alta relación de alargamiento del grano así como una elevada absorción de agua durante la cocción. Su grano cocido es de alta consistencia y baja adhesividad. Su consistencia del gel es dura. Lógicamente, existen algunas diferencias destacables entre las variedades que integran este grupo; por ejemplo, con Puntal se alcanzan los mayores rendimientos en grano, Jacinto está especialmente indicada para obtener arroces de cocción rápida, la longitud de grano de Carmen, Manuela y Mínima es superior a la de Puntal, Thaibonnet tiene buenas condiciones para el vaporizado, etc.

Grupo II. Variedades japónica de grano medio y largo A. Este grupo es el más heterogéneo dado que incluye variedades perladas y no perladas, y porque existe un amplio espectro de variación de los valores de alargamiento del grano durante la cocción. Se caracteriza por su bajo contenido en amilosa, su baja temperatura de cocción y su baja absorción de agua. El grano cocido presenta poca consistencia y elevada adhesividad. La consistencia de su gel es blanda. Entre las variedades perladas destacaremos J.Sendra, Fonsa y Gleva, y entre las cristalinas las variedades Thainato y Lido.

Grupo III.- Variedades híbridas (Sycr-128, Sycr-86, Sp-601, Sy-581, etc.). Las actuales variedades híbridas de tipo índica tienen un comportamiento cercano a las del Grupo I, con algunas diferencias significativas, como una ligera menor longitud así como una mayor anchura de grano. Los híbridos japónica, que casi no se siembran, tienen atributos de calidad más cercanos a los de las variedades del Grupo II.

Grupo IV.- Variedad Bomba. De grano redondo y perlado. La hemos destacado por su singularidad ya que, hasta cierto grado, reúne las buenas características culinarias de las variedades japónica y tipo índica. Así, su grano posee un contenido intermedio en amilosa y una baja temperatura de gelatinización, además de una elevada absorción de agua y una muy alta relación de alargamiento durante la cocción. Sus granos cocidos son muy consistentes y poco adhesivos. Su consistencia del gel es dura, lo que la diferencia de variedades de grano largo como Puntal. El Departamento del Arroz (IVIA) ha obtenido recién-

temente la variedad Albufera, de grano corto y calidad cercana a la de Bomba, a la que supera en comportamiento agronómico (mayor rendimiento en grano, menor tendencia al encamado y al desgrane, etc.). Cabe resaltar que las variedades de grano redondo tienen, en general, unos atributos de calidad cercanos a los del grupo segundo.

Aunque actualmente el consumidor español medio basa su criterio de calidad del arroz elaborado en el aspecto y el precio del producto, se aprecia una ligera tendencia a valorar otros atributos. En este sentido, es clara la importancia de dicha tendencia en el segmento de platos preparados y de los arroces especiales, como los obtenidos bajo producción ecológica. A medio plazo quizá no sea excepcional, sino pertinente, que aparezca el nombre de la variedad en el etiquetado del producto, como ya ocurre en algunos países europeos.

6.- Arroces especiales

6.1.- Arroz glutinoso o ceroso (*waxy*)

Se conoce también como arroz dulce (*sweet rice*). Su almidón tiene un bajísimo contenido en amilosa (0.8-1.3%) estando, por tanto, constituido solamente por amilopectina. Sus granos son opacos aunque con bajos porcentajes de roturas. Tienen la particularidad de que cuando se cuecen se pegan pero no se deforman. Los chinos consumen mucho este tipo de arroz, también demandado por la población europea de origen oriental. Al ser fácilmente moldeable (no pierde la forma) suele utilizarse como ingrediente o soporte del "sushi" japonés.

6.2.- Arroces aromáticos

Existen algunas variedades de arroz cuyos granos desprenden aroma después de su cocción. Las variedades del grupo Basmati (originarias del norte de la India y de Pakistán, en las estribaciones del Himalaya) tienen un ligero aroma a nuez o a palomitas de maíz, por lo que son destinadas a la elaboración de ensaladas y guarniciones. Aún más apreciadas (por los "gourmets") son las variedades del grupo Thai o Jazmín (de origen tailandés y aroma de jazmín), cuyos granos cocidos se usan como guarnición o simplemente se consumen al vapor. En general las variedades aromáticas pier-

den algo de su aroma cuando se cultivan fuera de sus países de origen. Los arroces aromáticos, al igual que los glutinosos, los de cocción rápida (incluidos los que integran los platos precocinados) y los obtenidos mediante producción ecológica tienen una demanda pequeña, pero creciente, en Europa.

6.3.- Arroz integral (cargó)

Con relación al arroz blanco, el arroz integral es de color más oscuro, dado que no ha sido sometido a su pulido y blanqueo. Requiere un tiempo de cocción algo más largo, absorbiendo mayor cantidad de agua durante dicho proceso. Tiene un cierto sabor a salvado y es más rico en vitaminas y sales minerales. Debido a sus cualidades dietéticas (especialmente por su mayor contenido en fibra) es demandado por una minoría naturista.

6.4.- Arroz vaporizado (parboiled)

Ya hemos comentado que se obtiene mediante tratamiento hidrotérmico (con vapor de agua a unos 60° C) del arroz cáscara. Posteriormente, el grano sigue el proceso normal de descascarado (dando lugar al arroz vaporizado integral) y continuándose con el blanqueo y pulido (para lograr el arroz vaporizado). Su grano es ambarino y vítreo, con ligero color tostado y de mejores cualidades dietéticas que el arroz blanco, teniendo además la ventaja relativa de no volverse pegajoso (no se "pasa") al transcurrir un cierto tiempo de su cocinado (cocción).

6.5.- Arroz precocido (de cocción rápida o "quick").

Se obtiene cuando el arroz blanco es sometido a determinados tratamientos hidrotérmicos (precocido) que posibilitan reducir su tiempo de cocción a tan sólo 5-7 minutos. No todas las variedades son idóneas para conseguir este tipo de arroz.

6.6.- Arroz obtenido mediante producción integrada y ecológica.

La producción integrada podemos asimilarla a la utilización de buenas prácticas culturales, a la vez respetuosas con el medio ambiente. Entre otros beneficios, con relación a la producción tradicional, la integrada trae consigo una signifi-

cativa disminución en el consumo de pesticidas y, por tanto, en los niveles de sus residuos en grano. Dicha mejor calidad del producto se intenta últimamente aprovechar comercialmente mediante la utilización de logotipos y etiquetas que manifiesten su procedencia, lo que obliga a un estricto control desde la siembra del arroz hasta la venta del producto elaborado, de acuerdo con la normativa reglamentaria (relativa a la obligación de emplear semilla certificada, dosis máximas de abonado, estrategias de control de plagas, etc.). Este seguimiento continuo o "vigilancia" escalonada se denomina trazabilidad. Existen entidades privadas reconocidas por los poderes públicos (en nuestra Comunidad por la Junta de Andalucía) para realizar la actividad de control y certificación de la producción integrada, así como de la producción ecológica.

Aún menor impacto medioambiental supone la producción ecológica, que prohíbe la aplicación al cultivo de productos químicos de síntesis (tanto de abonos como de pesticidas). Actualmente el área arrocera andaluza dedicada a este tipo de producción ronda las 150 ha (habiéndose iniciado su comercialización en grano blanco), superficie que se incrementará significativamente a corto plazo, debido al aumento de la demanda del arroz ecológico, la cuantía de las ayudas europeas a su producción y al inicio de líneas de investigación tendentes a posibilitar su cultivo. Los mayores problemas agronómicos con los que nos estamos enfrentando están relacionados con el control de ciertas malas hierbas (*Scirpus marítimus*, seguido por *Cyperus difformis* y *Echinochloa sp.*) lo que, en una primera estrategia, parece obligar a la utilización de parcelas poco infectadas, las cuales suponen sólo un pequeño porcentaje de la superficie cultivada.

6.7.- Variedades especiales

Actualmente existen muy pocas variedades en España que se comercialicen por su nombre. Entre ellas destaca Bomba, de grano redondo y de reconocida calidad culinaria (difícilmente se empasta y absorbe bien los sabores). No ocurre lo mismo en otros países. Así, las variedades Arborio, Carnaroli y Vialone Nano, las tres de origen italiano y de grano redondo, se identifican en sus productos comerciales. Su cocción da lugar a una

crema espesa y consistente, por lo que están especialmente indicadas para el “risotto”. Estimamos que, lenta pero progresivamente, aparecerán otras variedades nacionales envasadas con su nombre (aunque estén destinadas a usos especiales, con demandas limitadas) siempre y cuando merezcan destacarse por algún atributo de su calidad (por ejemplo, en nuestra opinión, la variedad Marisma destaca por su tamaño de grano y por su buena calidad de cocción y culinaria; algunas variedades, como Carmen y Manuela, sobresalen por su longitud de grano, etc.).

Otro asunto son las Denominaciones de Origen Protegidas (DOP), que garantizan y amparan el origen y la calidad del producto comercial, obtenido en un medio geográfico determinado,

mediante un logotipo y una etiqueta controlada por su Consejo Regulador. En España existen denominaciones en Valencia y Calasparra (en el Delta del Ebro se denomina Indicación Geográfica Protegida). En nuestra opinión es discutible la existencia de diferencias verdaderamente significativas entre los atributos de calidad del grano de una misma variedad cultivada en diferentes regiones arroceras españolas (estimamos que las posibles diferencias son mayormente debidas a las diferentes condiciones agro-climáticas entre campañas, que suelen variar incluso dentro de una zona arrocera determinada). En cualquier caso, las DOP cumplen una función importante para el consumidor por avalar el reconocimiento de una calidad superior.



Economía

Economía

Desde la perspectiva de la Unión Europea, la producción integrada debe garantizar que el uso de la tierra y de los recursos naturales se ajusten a la necesidad de proteger el medio ambiente y el patrimonio cultural, debiendo ejercer una función social, así como mantener la viabilidad del medio rural e implantar un modelo equilibrado de desarrollo sostenible. Por ello, además de investigaciones de naturaleza agronómica, es conveniente la realización de estudios sobre la viabilidad económica del cultivo.

En este capítulo se exponen los resultados de un estudio agro-económico del cultivo del arroz bajo producción integrada en las Marismas del Guadalquivir (Aguilar, M; Navarro, L; García, J.M.), basado en datos contables de explotaciones de tamaño medio (20-40 ha), durante la campaña de 2008. Dichos resultados son también, en nuestra opinión, una buena referencia para las explotaciones tanto de mayor como de menor superficie, con las lógicas consideraciones y particularidades derivadas de la economía de escala. Los objetivos planteados han sido:

- Describir las labores y operaciones de cultivo (tipo y cantidad de agroquímicos aplicados, maquinaria y aperos utilizados, mano de obra empleada, etc.).

- Estimar los costes de cultivo (fijos y variables) correspondientes, los ingresos totales así como los márgenes (bruto y neto) derivados.

- Predecir los distintos escenarios de rentabilidad de la explotación según los diversos horizontes de precios de mercado del grano de arroz.

- Estimar las economías dependientes (externas) del sector arrocero, cuantificando su importancia.

Previamente a este análisis económico, se dedica un apartado o epígrafe al análisis interno del sector arrocero andaluz (con consideraciones agronómicas, socio-económicas y medioambientales) y otro al análisis externo (comentarios sobre la importancia del mercado exterior y, sobre todo, de la política agraria comunitaria). La información procedente de ambos epígrafes se sintetiza en un análisis estratégico. Se concluye constatando la importancia de dicho sector y la conveniencia de mantener y propiciar su desarrollo

Para completar la información, se adjuntan tres anexos: los datos contables de una explotación arrocera de tamaño medio en las Marismas del Guadalquivir (de donde derivan todos los cálculos económicos), una hoja de cultivo con los costes variables según factores de producción y,

por último, una tabla con las economías externas (dependientes) al cultivo del arroz.

1.- Análisis Interno del sector arrocero andaluz

Se refiere al estudio de las fortalezas y debilidades propias del sector debidas a su estructura productiva (tamaño de las explotaciones, forma y distribución de las parcelas, productividad de la tierra, sistema de riego, disponibilidad de agua, de maquinaria, de aperos, de instalaciones, etc.), a los recursos humanos (disponibilidad de mano de obra, nivel de formación, etc.) y a su capacidad de vertebración y asociacionismo (cooperativas, comunidades de regantes, industrias de transformación, etc.).

Andalucía posee la mayor superficie de arrozal de España, estando localizada en dos comarcas productoras: las Marismas del Guadalquivir (en la provincia de Sevilla y con unas 35.800 ha) y La Janda (en la provincia de Cádiz, con alrededor de 2.800 ha). Por términos municipales, destacan los sevillanos de Isla Mayor y Puebla del Río, así como los gaditanos de Benalup de Sidonia y Vejer de la Frontera.

El área dedicada al cultivo del arroz en Sevilla supone el 35% de la superficie de las Marismas del Guadalquivir, siendo el tamaño medio de las explotaciones de unas 35 ha, la mayor superficie media por agricultor de las zonas arroceras españolas. Esta estructura posibilita una mayor tecnificación, rendimiento y rentabilidad del cultivo.

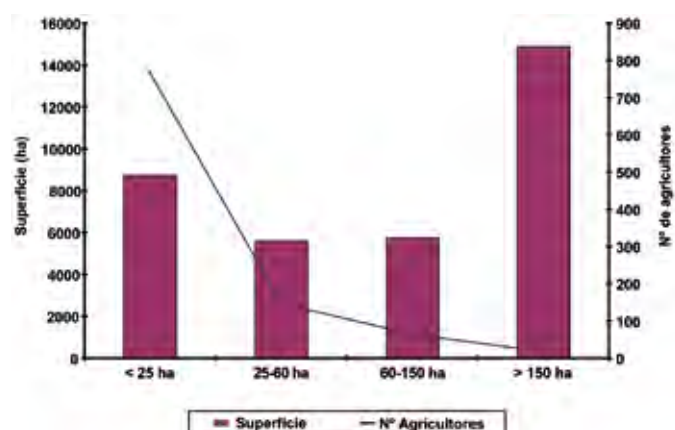


Figura 11.1.- Distribución de la superficie arrocera sevillana y del número de empresarios, por estratos de tamaño de las explotaciones

La Fig. 11.1 muestra una predominancia de las explotaciones de pequeño tamaño, frente a un reducido número de explotaciones de gran dimensión.

El tipo de tenencia mayoritario es la propiedad (75% de la superficie), seguido del arrendamiento y, con mucha menos importancia, la cesión. Con una red viaria en buen estado, la topografía llana y el avance de la nivelación mediante tecnología láser, se ha posibilitado que las tablas de arroz sean rectangulares y de mayor superficie (al reducirse el terreno ocupado por almorriones).

Ya hemos comentado a lo largo de este libro los aspectos agronómicos más relevantes del arrozal andaluz (clima semiárido, con veranos cálidos y secos, suelos llanos, profundos, fértiles y de escasa permeabilidad, con alta salinidad por debajo de los 20 cm y no aptos para otros cultivos, con escasez periódica de agua de riego, elevados rendimientos en grano, etc.).

Con respecto al factor trabajo, destaca la presencia de mano de obra familiar, más frecuentemente cuando las explotaciones son de menor tamaño. La mano de obra fija es muy escasa (una media de 0,06 empleados fijos por explotación, creciendo hasta dos empleados en el caso de explotaciones mayores de 150 ha). La mano de obra eventual es muy escasa en las explotaciones menores de 25 ha, creciendo su presencia conforme aumenta el tamaño de las fincas. La amplia experiencia profesional de los arroceros supone un importante capital humano. Se puede afirmar que el sector arrocero andaluz está altamente tecnificado. La presencia de empresas de servicio para las labores de cultivo, tratamientos y recolección es además muy destacable.

En cuanto al asociacionismo se cuenta con importantes cooperativas de secado, almacenamiento y comercialización (algunas se han unido, dando lugar a una cooperativa de segundo grado) que representan la casi totalidad de los agricultores y más de dos tercios de la superficie sembrada. En 2008 se ha iniciado un vigoroso plan de comercialización de arroz cargo y arroz blanco por el sector cooperativo, que ya dispone de modernas instalaciones de procesamiento de este cereal. Las comunidades de regantes agrupan al 90% de los agricultores, destacando las de Isla Mínima, La Ermita, El Mármol y Puebla del Río.

La mayoría del grano cosechado es tradicionalmente vendido a Arrocerías Herba S.A., que destina gran parte de sus productos elaborados al mercado exterior. Dicha industria posee una capacidad de elaboración más que suficiente para procesar la totalidad del arroz producido en nuestra región, con instalaciones modernas y bien dimensionadas, obteniendo y comercializando productos de gran calidad. Destacan sus modernas instalaciones para la elaboración del arroz vaporizado (parboiled). Su capacidad total es de aproximadamente 1.000 toneladas de arroz cáscara por jornada de ocho horas, lo que supone una capacidad teórica de campaña cercana a las 270.000 t, consumiendo anualmente una materia prima estimada en unas 170.000 t. Estas instalaciones industriales procesan también una cantidad significativa del arroz producido en Extremadura.

El arrozal es parte fundamental de las Marismas del Guadalquivir y un hábitat idóneo para la alimentación, protección y multiplicación de su rica avifauna, así como el único cultivo sostenible con que cuenta el colindante Parque Nacional de Doñana, contribuyendo significativamente a la conservación de este singular, precioso e insustituible Patrimonio de la Humanidad. Las prácticas de cultivo, que cada vez son más respetuosas con el medio ambiente, facilitarán y estrecharán, aún más si cabe, la convivencia, dependencia y sinergismo entre ambos ecosistemas.

2.- Análisis externo del sector

Es el estudio del entorno o factores externos que potencian o condicionan al sector arrocerero. En este capítulo, que trata básicamente de los costes y la rentabilidad del cultivo, sólo consideramos algunos aspectos legislativos (como las medidas determinadas por la política agraria común) sin abordar las circunstancias propias del mercado, de la competencia y del consumo de este cereal. Solamente resaltaremos que el 94-95% de la producción mundial se dedica al autoconsumo (se consume en los propios países productores) y sólo un 5-6% se dirige al mercado exterior. Los precios en dicho mercado libre son de naturaleza variable e incierta, sometidos a diversos factores, como los climáticos (lluvias monzónicas, sequías, etc.), de gran influencia sobre la producción de este cereal. Como referencias, añadiremos que

la Unión Europea produce solamente el 0,8 % del arroz mundial, que el 22% del arroz europeo corresponde a España y que alrededor de un tercio del arroz español es andaluz. En nuestro país, el consumo de arroz por persona y año ronda los 8 kg, cifra algo superior a la media europea (5-6 kg). En los últimos años, cerca del 90% de la producción andaluza es de grano tipo índica, en su mayor parte exportada a los países del centro y norte de nuestro continente.

2.1.-La Política Agraria Común

La política agrícola común (PAC) de la Unión Europea (UE) establece las líneas generales que regulan el mercado agrícola común, incluyendo el capítulo de subvenciones.

La Reforma Intermedia de la PAC de 2003 estableció, a partir de 2005, un pago desvinculado de la producción (“ayuda desacoplada”), el cual se abona independientemente de que el agricultor obtenga o no cosecha. Estas ayudas están sujetas al cumplimiento del “principio de condicionalidad”, consistente en la realización de buenas prácticas agrícolas y medioambientales, así como en el cumplimiento de ciertos requisitos legales y de gestión. Dicha reforma, además, establecía otra ayuda vinculada a la producción (“ayuda acoplada”) para cada cultivo o grupo de cultivos. A estas ayudas se les aplicó un “sistema de modulación” obligatorio con el fin de obtener fondos para financiar las medidas de desarrollo rural, reduciendo los pagos a conceder a los agricultores en un 5% durante el período 2007-2012 (en 2005 fue un 3% y en 2006 un 4%). Aquellos agricultores con pagos inferiores a 5.000 € no se verían afectados por dicha modulación.

Esta reforma supuso la reducción del precio de intervención del arroz en un 50% hasta un precio básico de 150 € por tonelada, limitando dicha intervención a un volumen de 75.000 toneladas anuales. El pago compensatorio quedó establecido en 177 € por tonelada, de los cuales 102 € están desacoplados de la producción, encuadrados en el sistema de pago único por explotación, y el resto (75 €) constituye una ayuda acoplada a la producción. Teniendo en cuenta el rendimiento nacional (6,35 t / ha), la ayuda desacoplada supone 647,70 € / ha y la acoplada 476.25 € / ha. A estas ayudas, además de la reducción por modulación,

se le aplica una reducción proporcional en caso de rebasarse la superficie máxima garantizada, estando sujetos estos importes, a partir de 2006, a límite presupuestario.

En los últimos tiempos se han producido dos revisiones importantes en la PAC: la Revisión Intermedia en 2008 (*Health Check*) y la Revisión del Presupuesto de la UE en 2009. La Revisión Intermedia pretende simplificar la PAC y reducir las 21 Organizaciones Comunes de Mercado (OCMs) a una sola. Entre las tendencias de esta reforma está el desacoplamiento total en los cultivos herbáceos (para 2013 la Comisión propone el desacoplamiento total en todos los sectores), el establecimiento de un límite superior de pago único (techo por explotación) a 300.000 € y, por último, la propuesta de incrementar en un 1% anual la modulación obligatoria a partir de 2009, llegando a un total del 10% en 2013.

2.2.- Legislación sobre la producción integrada en agricultura. Reglamento específico.

El Reglamento (CEE) 2078/92 del Consejo, de 30 de junio, estableció un régimen de ayudas sobre métodos de producción agraria compatibles con las exigencias de protección del medio ambiente y la conservación del espacio natural. Para su aplicación, en España se elaboró un programa nacional que incluyó dos partes bien diferenciadas: la primera desarrolla cuatro medidas horizontales aplicables en todo el territorio nacional (Real Decreto 51/95, de 20 de enero) y la segunda se refiere a la actuación en zonas específicas, disponiéndose su aplicación en las zonas de influencia de los parques nacionales y de otras zonas sensibles que se declaren de especial protección (Real Decreto 632/1995, de 21 de abril, y Real Decreto 928/1995, de 9 de junio).

El desarrollo de dicha normativa en nuestra región (Orden de 26 de junio de 1996) estableció los requisitos y reglas generales que deben cumplir las asociaciones que decidan acogerse a la producción integrada. En cuanto a las actuaciones en zonas específicas, la Orden de 14 de Mayo de 1997 de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía estableció un régimen de ayudas y medidas a aplicar en las zonas de influencia del Parque Nacional de Doñana. En la sección dedicada a la Protección de flora y fauna

de los humedales se cita a la producción integrada de arroz y se establecen diversos requisitos.

La modernización de la agricultura exige la utilización de métodos respetuosos con el medio ambiente que minimicen el uso de productos químicos y que permitan obtener productos de calidad (Decreto 215/1995 de septiembre sobre Producción Integrada en Agricultura). Este decreto incluye los aspectos generales relativos a la marca de garantía, al distintivo, a la promoción de la producción y comercialización de los productos obtenidos bajo este sistema, así como sobre el Reglamento Específico de Producción Integrada de Arroz (REPIA).

2.3.- El Reglamento Específico de la Producción Integrada de Arroz

La producción integrada no es un concepto nuevo. Ya en 1983 se establecieron ayudas económicas para diversos cultivos a las Agrupaciones de Tratamiento Integrado de Plagas en Agricultura (ATRIA). Para su constitución se requería contar con un técnico de campo al frente de cada agrupación, bajo supervisión de la administración. Un paso posterior fue la aplicación de esta filosofía no sólo al control de plagas, sino a la totalidad de las prácticas agrícolas.

En este sentido, por Orden de 12 de agosto de 1997, se aprueba el primer REPIA en Andalucía, que posteriormente fue modificado por Orden de 18 de Abril de 2000, donde se establece la estructura de las agrupaciones de PIA, con una superficie máxima de 500 ha (ampliadas posteriormente a 600 ha), al frente de las cuales figura el técnico correspondiente, encargado de efectuar los controles de las prácticas de cultivo en PIA. Entre dichas prácticas algunas son obligatorias, otras prohibidas y, las restantes, de uso recomendado. Periódicamente se han venido realizando ligeras modificaciones en el Reglamento Específico tendientes principalmente a disminuir, aún más, el impacto medioambiental.

3.- Análisis estratégico del sector arrocero andaluz

Las consideraciones anteriores, tanto del análisis interno como del análisis externo, se pueden resumir en el siguiente análisis estratégico del sector:

Tabla 13.2.- Análisis estratégico del sector arrocero andaluz

Análisis interno	
Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> - Tanto la zona arrocera sevillana (Marismas del Guadalquivir) como la gaditana (La Janda) son ecosistemas de alto valor ecológico. - Existe un efecto sinérgico (beneficioso para ambos) entre el Arrozal marismeño y el Parque Nacional de Doñana. - Amplio capital humano, con excelente experiencia agrícola en el cultivo. - Idoneidad del clima para el desarrollo del arroz. - Suelos fértiles, con textura adecuada (impermeables). - Adecuada estructura de las explotaciones (tamaño, sistemas de riego independiente, parque de maquinaria, etc.). - Alto nivel de tecnificación (siembra y tratamientos aéreos, nivelación mediante tecnología láser, etc.). - Numerosas empresas auxiliares y de servicio al agricultor. - Fácil abastecimiento de materias primas. - Alto rendimiento y buena adaptación de variedades japónicas y tipo índica (híbridos en fase de introducción). - Incidencia relativamente baja de plagas y enfermedades. - Alto nivel de asociacionismo y vertebración (Comunidades de Regantes, Cooperativas, Federación de Arroceros). - Industria arrocera moderna y con gran capacidad de procesamiento. - El 90% de la producción son arroces de tipo índica, que en su mayor parte se exportan. 	<ul style="list-style-type: none"> - Insuficiente infraestructura de Obras Públicas para garantizar el abastecimiento de agua de riego. - Disminución de la superficie sembrada en años de baja pluviometría (por escasez de agua embalsada). - Niveles de salinidad variables, tanto de suelo como de agua de riego, según los distintos parajes de la zona arrocera sevillana. - Progresivo envejecimiento del empresariado e insuficiente capacidad de renovación. - Las cooperativas de secado y almacenamiento aún no han consolidado el procesamiento industrial y la comercialización del grano elaborado, aunque están iniciando dicha actividad. - Cuasi-monopolio de la demanda actual de arroz-grano por parte de una gran empresa compradora.
Análisis externo	
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> - Marca de Calidad Producción Integrada. - Aumento del consumo (y de la demanda) de arroz como consecuencia de la reciente ampliación de la Unión Europea 	<ul style="list-style-type: none"> - Valor del grano producido significativamente dependiente de su precio en el mercado mundial. Cuantía de las Ayudas y Nivel de Importaciones según la normativa, cambiante, de la PAC. - El número de explotaciones aptas para solicitud de Ayudas Comunitarias está parcialmente restringido por la PAC. - Reducción de la superficie arrocera por la instalación de plantas de producción de energías alternativas (energía solar) aunque, por el contrario, esto conlleva una mayor disponibilidad de agua.

En resumen, se aprecian fortalezas derivadas de unas condiciones edafo-climáticas favorables para el desarrollo del cultivo y para conservar el alto valor ecológico de su entorno. La adecuada estructura de las explotaciones y la notable formación técnica de los empresarios agrarios han convertido a este sector en uno de los más tecnificados de nuestro país, con elevadas producciones unitarias. Debemos añadir su buena capacidad asociativa y la existencia de una potente y moderna industria arrocera.

La principal debilidad reside en la frecuente escasez de agua para riego (que trae como consecuencia la elevación de su contenido salino), lo que acarrea disminuciones del rendimiento en grano e incluso, en algunas campañas, de la superficie sembrada. Se evidencian ciertos avances iniciales por parte de las cooperativas de agricultores en el camino del procesamiento industrial del grano, que les puede reportar un importante valor añadido.

Consideramos que existen claras oportunidades de desarrollo en el sector arrocero del sur de España. La dependencia del precio del arroz en el mercado mundial junto con las oscilaciones de la normativa PAC son las principales amenazas (o, al menos, incertidumbres) a las que se enfrenta.

4.- Metodología

En este estudio nos hemos basado no sólo en los datos contables de explotaciones arroceras de mediano tamaño, sino también en la experiencia y trabajos previos de nuestro Grupo de Investigación de Arroz. No se trata, pues, de un simple estudio de caso (que sólo se basaría en la contabilidad exhaustiva de una o varias explotaciones) ni tampoco del análisis económico de un conjunto de explotaciones arroceras muestreadas al azar (lo que hubiera permitido realizar estimaciones con significación estadística). Con el estudio de caso se hubiera perdido significación y con el segundo método, aparte de más costoso, hubiéramos encontrado dificultades para obtener información con el suficiente rigor y detalle que, en nuestra opinión, hemos alcanzado con la metodología escogida.

La explotación media considerada es de 10-40 ha, con un rendimiento en grano en torno a los 8.000 kg/ha. Para explotaciones de mayor

dimensión se estima una disminución de costes por hectárea que no sobrepasa el umbral del 10%, causada fundamentalmente por su inferior gasto unitario en abonado, tratamientos fitosanitarios y manejo del riego. Se han determinado los siguientes parámetros económicos:

- Costes variables de los factores de producción.
- Costes fijos.
- Ingresos.
- Margen bruto y margen neto.

Tomando como base los costes e ingresos determinados, hemos cuantificado las economías dependientes (también denominadas externas) del cultivo del arroz, cuya metodología y resultados se analizan en el epígrafe final de este capítulo.

4.1.- Costes variables de los factores de producción

Los costes originados por los factores de producción utilizados o destruidos durante el proceso productivo se denominan costes variables. Los factores de producción se han agrupado en tres apartados: materias primas, alquiler de maquinaria y mano de obra.

Las materias primas incluyen las semillas, los fertilizantes, así como los productos fitosanitarios y de otra naturaleza utilizados a lo largo del desarrollo del cultivo.

El coste de la maquinaria ha sido estimado en base a los precios del mercado de alquiler existente en la zona, con el fin de evitar los estudios, y los sesgos correspondientes, tanto del cálculo de los costes de amortización como los relativos a la economía de escala (eficiencia de la maquinaria según el tamaño de la explotación).

El coste de la mano de obra se ha calculado en función de los tiempos medios empleados por los operarios y del precio de mercado de esta mano de obra, en todo caso considerada como eventual. Se incluye en esta categoría a la mano de obra fija y familiar, cuyo coste se ha estimado similar al de trabajadores eventuales que realizan la correspondiente labor.

Se han determinado los costes de las diferentes labores y operaciones de cultivo, por orden cronológico, para, a continuación, agruparlos se-

gún los tres medios de producción (materias primas, maquinaria y mano de obra). A cada labor y operación se le han asignado dos claves; la primera, más general, se refiere a alguno de los siete grandes grupos de prácticas culturales consideradas: labores preparatorias, abonado, siembra, riego, tratamientos fitosanitarios, recolección-transporte-secado y, finalmente, labores post-cosecha. La segunda clave profundiza en estos grupos, incluyendo apartados con mayor nivel de detalle (por ejemplo, dentro del grupo de tratamientos fitosanitarios existen apartados sobre herbicidas, insecticidas, etc.).

4.2.- Costes fijos

Son los relativos al capital fijo, o sea, al conjunto de factores que no se agotan en un solo proceso productivo y pueden seguir utilizándose con posterioridad (por ejemplo, la maquinaria y las instalaciones de riego). En este apartado se incluyen los costes de explotación (personal, seguros sociales, servicios profesionales, inversiones, primas, seguros, etc.), los costes de dirección, gestión y administración, el canon de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, los costes de conservación y mantenimiento de obras e infraestructuras de riego, el coste del técnico de la PIA, la cuota de la Federación de Arroceros de Sevilla, etc.

4.3.- Ingresos, margen bruto y margen neto

Teniendo en cuenta los ingresos totales y los diferentes costes de la explotación, se pueden calcular los correspondientes márgenes bruto y neto. Los ingresos totales son los procedentes de la venta de la cosecha más las ayudas (subvenciones). Se denominan costes totales (CT) a los costes fijos (CF) más los costes variables (CV). El margen bruto (MB) es el resultado de los ingresos totales (IT) menos los costes variables (CV). El margen neto (MN) se calcula restando a los ingresos totales (IT) los costes totales (CT).

$$CT = CF + CV$$

$$MB = IT - CV$$

$$MN = IT - CT$$

5.- Resultados del análisis económico.

A continuación se describe la estructura de los costes, ingresos y márgenes por hectárea

de arroz bajo producción integrada. Los costes de cultivo (variables y fijos) se han calculado en base a los datos contables de una explotación de tamaño medio de las Marismas del Guadalquivir (ver Anexo 1). Los ingresos totales de la explotación (los debidos a la venta de la cosecha más los ingresos por subvenciones) se han determinado para tres distintos precios de venta del grano. Con los resultados anteriores hemos obtenido los correspondientes márgenes económicos (brutos y netos) en cada uno de los tres escenarios de precio de venta considerados.

5.1.- Costes variables

Los costes variables de las diversas labores y operaciones de cultivo, ordenadas cronológicamente, se exponen en la Fig. 11.3. También puede apreciarse (en el eje vertical secundario, el de la derecha) el coste variable acumulado de dichas prácticas culturales y, por tanto, las necesidades, en cada momento, de capital circulante. Las labores y operaciones se han integrado en siete grupos de prácticas culturales (labores preparatorias, abonado, siembra, etc.) distinguibles por su color.

Destacan los costes variables relativos a la recolección, al secado y almacenamiento, abonado, al riego, al tratamiento contra equinocloa, a la siembra, a la nivelación del terreno mediante tecnología láser, etc.

5.1.1.- Costes variables asociados a las operaciones de cultivo

El coste variable de cada una de las 31 prácticas de cultivo consideradas se ha desglosado en sus correspondientes costes de materias primas (productos utilizados), maquinaria y de mano de obra (véase Anexo 2). Posteriormente, dichas prácticas las hemos integrado en siete grupos, cuyos costes variables se muestran en la Tabla 11.4 y la Fig. 11.5, destacando los relacionados con la recolección, transporte y secado, seguidos por los costes relativos a los tratamientos fitosanitarios y al abonado. Los costes variables de cada práctica de cultivo y, por tanto de cada grupo establecido, varían lógicamente según campañas, como se aprecia en la Fig. 11.6, correspondiente a la campaña 2006, que evidencia, por ejemplo, un significativo incremento, en tan sólo dos años, del precio

Fig. 13.3.- Evolución de los Costes Variables y de los Costes Variables acumulados (eje secundario, o vertical derecho) en arroz bajo Producción Integrada. Campaña 2008

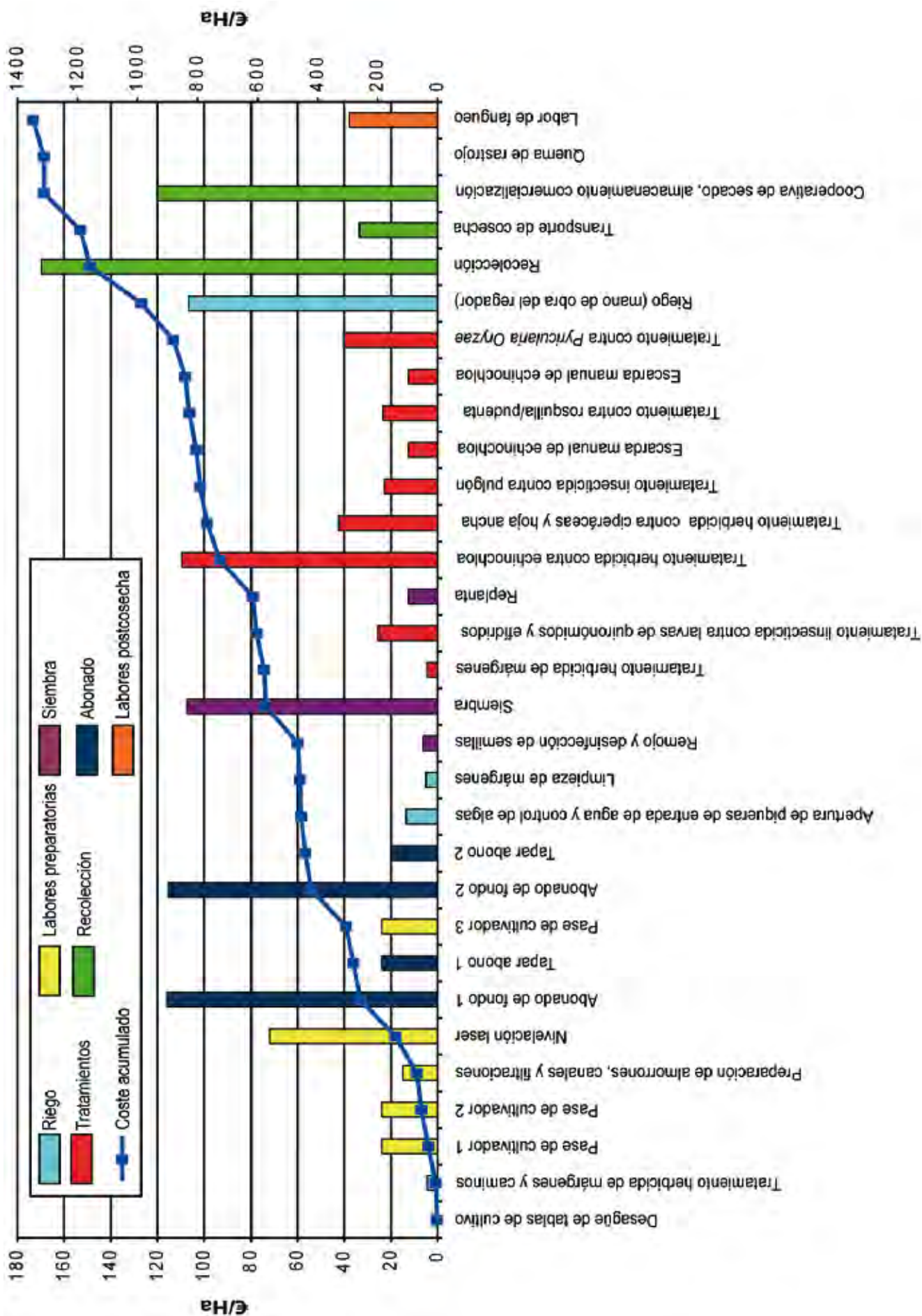


Tabla 13.4.- Costes variables del cultivo del arroz en producción integrada, agrupados por operaciones de cultivo (€ / ha)

Operación de cultivo	Labor	Coste Variable (€/ha)
Labores preparatorias		159
	Pase de cultivador 1	24
	Pase de cultivador 2	24
	Preparación de almorrones, canales y filtraciones	15
	Pase de cultivador 3	24
	Nivelación laser	72
Abonado		275,6
	Abonado de fondo 1	116,0
	Abonado de fondo 2	115,7
	Tapar abono 1	24
	Tapar abono 2	20
Siembra		126,4
	Remojo y desinfección de semillas	6,3
	Siembra	107,4
	Replanta	12,7
Tratamientos		294,5
	Tratamiento herbicida de márgenes	4,5
	Tratamiento insecticida contra larvas de quironómidos y efídridos	25,6
	Tratamiento herbicida contra <i>echinocloa</i>	109,8
	Tratamiento herbicida contra ciperáceas y hoja ancha	42,5
	Tratamiento insecticida contra pulgón	22,8
	Escarda manual de <i>echinocloa</i>	25,4
	Tratamiento contra <i>rosquilla/pudenta</i>	23,5
	Tratamiento contra <i>Pyricularia oryzae</i>	40,4
Riego		132,4
	Desagüe de tablas de cultivo	2,5
	Tratamiento herbicida de márgenes y caminos	4,5
	Apertura de piqueras de entrada de agua y control de algas	13,6
	Limpieza de márgenes	5,1
	Riego (mano de obra del regador)	106,7
Recolección		323,6
	Recolección	170
	Transporte de cosecha	33,6
	Cooperativa de secado, almacenamiento y comercialización	120
Labores postcosecha		38
	Labor de fanguero	38
	Quema de rastrojo	0
Total general		1349,6

Fig. 13.5.- Costes variables agrupados por operaciones de cultivo (€ / ha). Campaña 2008

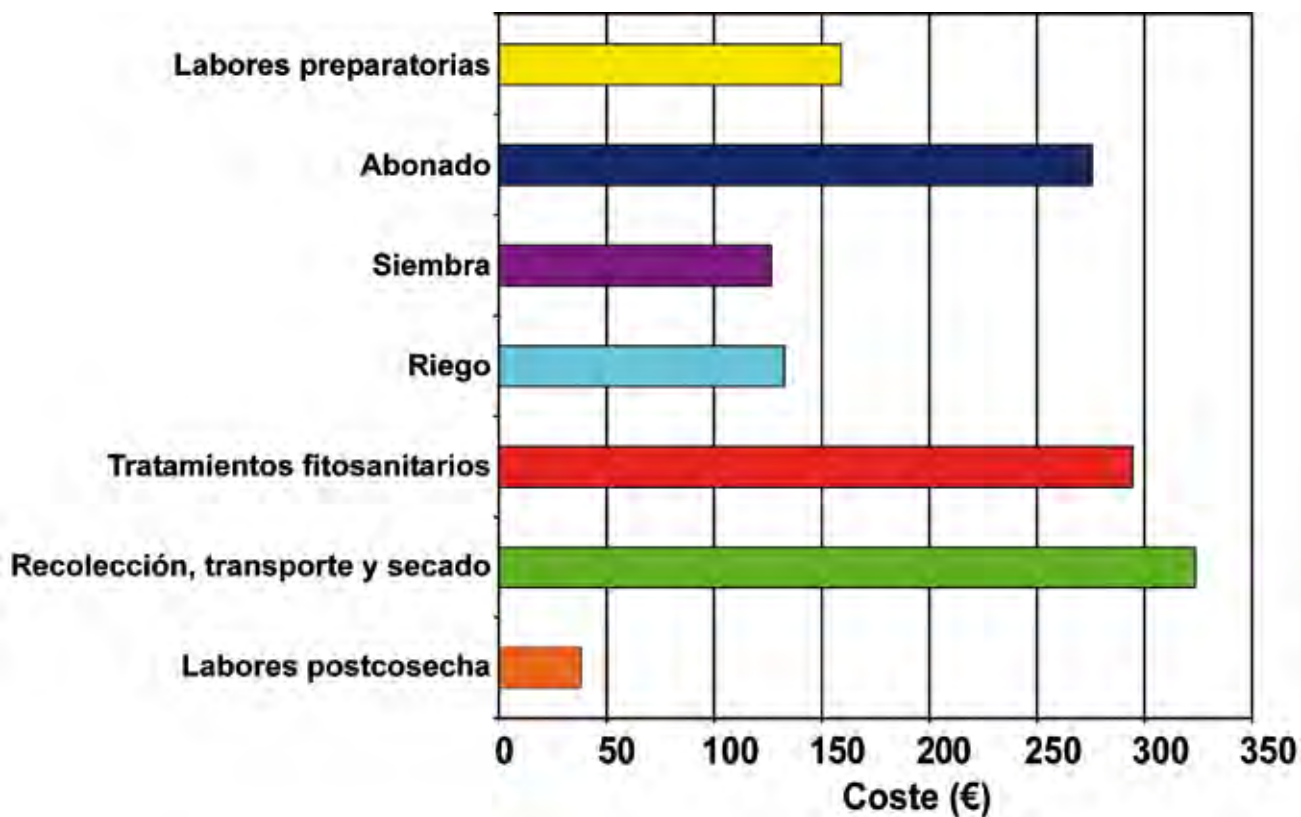
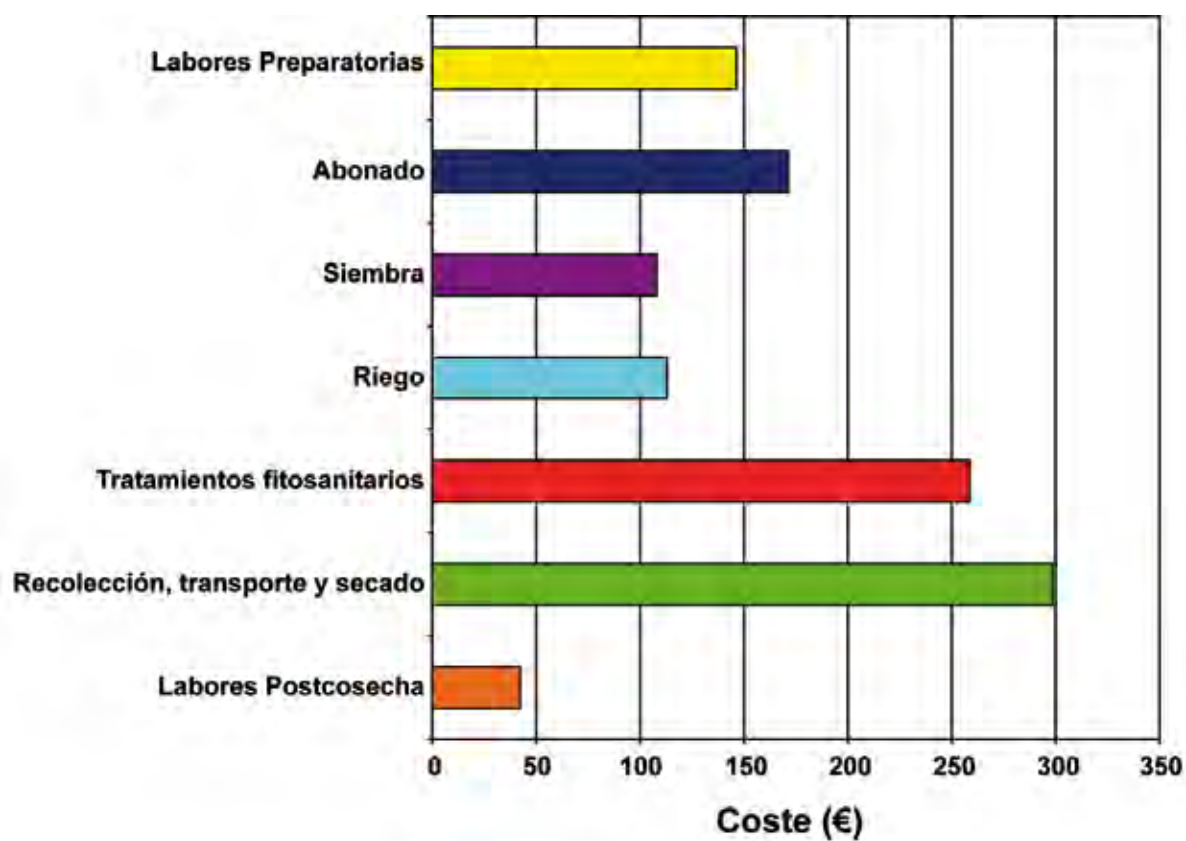
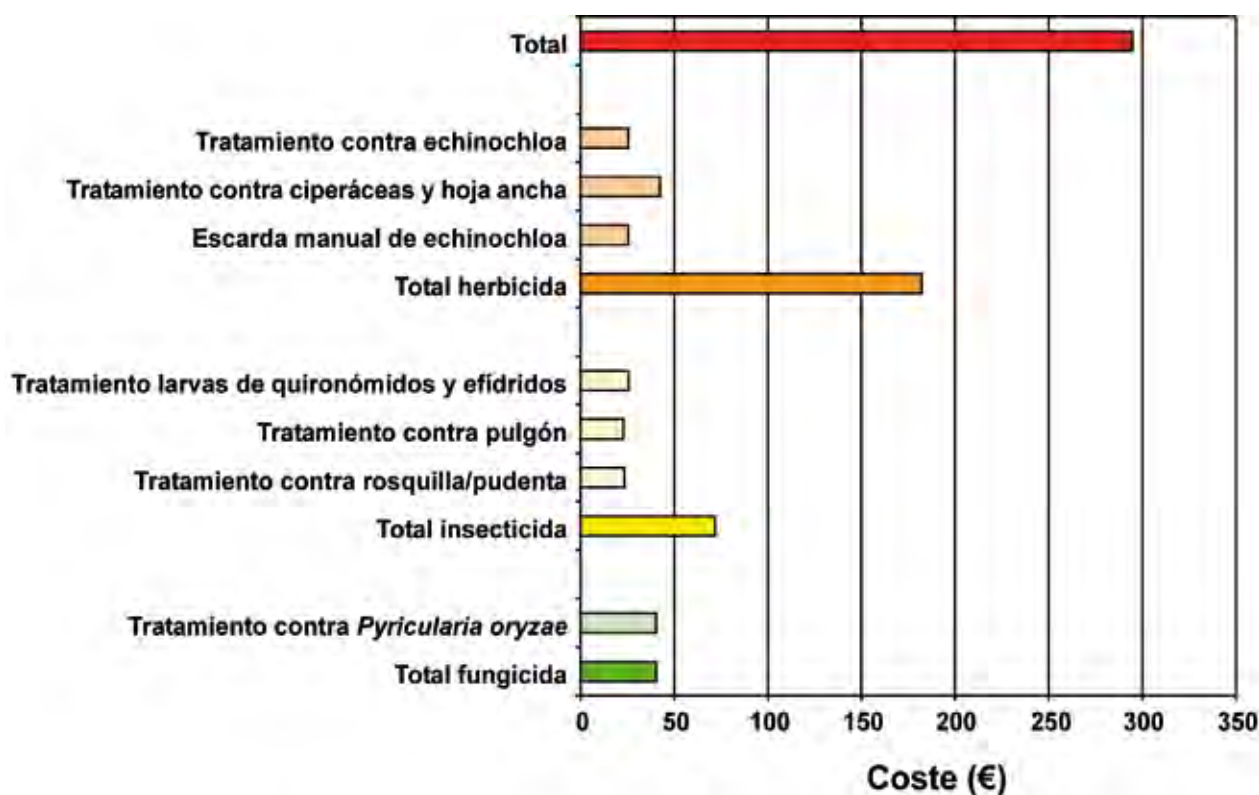


Fig. 13.6.- Costes variables agrupados por operaciones de cultivo (€ / ha). Campaña 2006



**Fig. 13.7.- Desglose de los Costes variables de los tratamientos fitosanitarios y escarda manual.
Campaña 2008**



de los abono, así como la casi desaparecida operación de quema de restos de cosecha (paja más rastrojo).

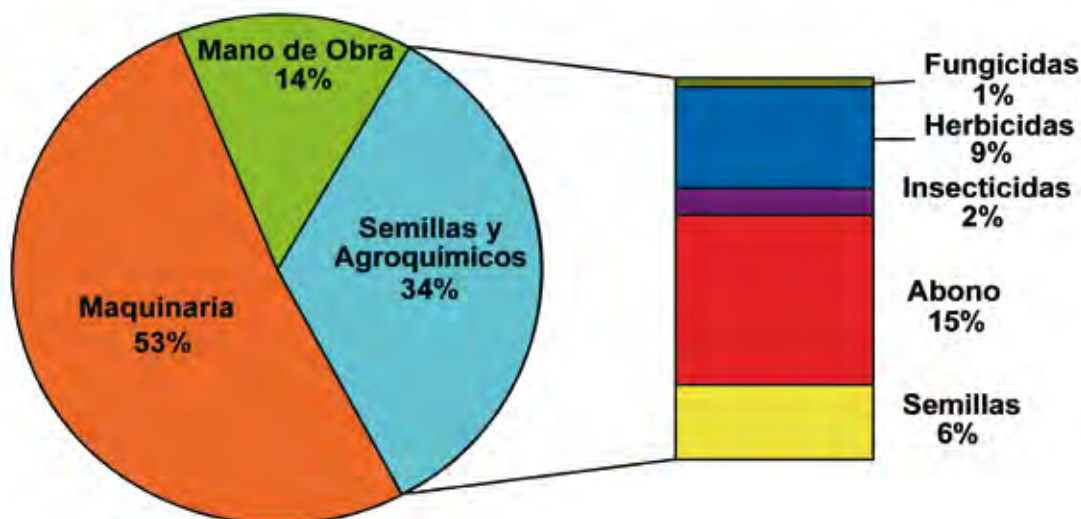
Volviendo al Anexo 2, en las labores preparatorias destacan los costes de la maquinaria. En abonado existe un mayor equilibrio entre los costes de maquinaria y los de productos aplicados. En siembra sobresale el valor de la semilla; en cambio, en la práctica del riego resalta el coste de la mano de obra (el coste del agua, al no poder ser desglosado de los cánones de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, se ha incluido dentro de los costes fijos de las explotaciones). En el caso de los tratamientos fitosanitarios (Fig. 11.7), predomina el coste de los productos fitosanitarios, mientras que en la recolección, transporte y secado, así como en labores post-cosecha, es determinante el coste de la maquinaria.

5.1.2.- Costes variables asociados a los factores de producción

El cultivo de arroz en PI, aunque está muy mecanizado, presenta notables costes variables

con relación al uso de semilla y agroquímicos, así como, en menor grado, a la mano de obra. En la Figura 11.8 podemos observar la importancia relativa de estos conceptos. Destaca el coste dedicado a maquinaria, que representa el 53% de los costes variables totales. No obstante, hay que tener en cuenta que parte del coste consignado como de maquinaria (en labores y recolección) tiene una importante componente de mano de obra, ya que para su estimación se ha considerado la contratación de empresas de servicio, lo que lleva consigo una fracción considerable que la empresa de servicio paga internamente a sus empleados. Recalcamos que la importancia relativa que concede este estudio a los costes de maquinaria está algo por encima de la realidad, al considerarse alquilada en su totalidad, sin tener en cuenta la existente en las explotaciones arroceras (que por cierto están muy mecanizadas). Los costes de abonado, semillas y productos fitosanitarios (34%) siguen en importancia, finalizando con los correspondientes a los de la mano de obra, que en realidad tienen una relevancia algo mayor que la estimada (14%), por las consideraciones metodo-

**Fig. 13.8.- Costes Variables asociados a los factores de producción.
Campaña 2008**



lógicas antes mencionadas en relación a los costes de maquinaria. La mano de obra que trabaja en este cultivo, dado su alto grado de tecnificación, es mayormente especializada.

Dentro del sector de semillas y agroquímicos destacan los costes correspondientes a los abonos y los productos herbicidas, seguidos por los de semillas. Los costes debidos a productos insecticidas y fungicidas son menores, variando lógicamente su cuantía en cada campaña, en función de la incidencia y severidad de los ataques de plagas y enfermedades. Como consecuencia de la baja utilización de materias primas, la producción integrada de arroz conlleva un bajo impacto medioambiental.

Los costes variables asociados a la factores de producción y su distribución cambian lógicamente con el tiempo, como se aprecia en Fig. 11.9, según el estudio que llevamos a cabo en la campaña 2006.

5.2.- Los costes fijos y los costes totales

La estructura de los costes fijos de una explotación arrocera, de tamaño medio, ubicada las Marismas del Guadalquivir, de acuerdo con los datos contables del Anexo 1, se aprecia en la Fig. 11.10.

Destacan los costes por derrama de explotación de la Comunidad de Regantes (debidos al coste del personal fijo, seguros sociales y electricidad), seguidos por los costes de dirección, gestión y administración de las explotaciones. En la mayoría de los casos (sobre todo en explotaciones pequeñas) es el propio agricultor quien realiza dichas labores de dirección, contratando los servicios de una asesoría para que se ocupe de la gestión contable, administrativa, fiscal y laboral de la misma. También existen empresas de servicio técnico, técnicos independientes o incluso agricultores profesionales (estos últimos dotados normalmente de importante maquinaria propia) que ofrecen sus servicios tanto a grandes explotaciones como a aquellos agricultores que opten por encargarles la gestión y administración de sus fincas. Estos servicios profesionales (cuando realizan la gestión integral del cultivo) suelen alcanzar el 10% de los beneficios netos, porcentaje que varía según la ubicación, diseminación y productividad de las parcelas de arroz.

Al no disponer de información detallada y precisa del coste del agua empleada en la producción de arroz, al Canon de Riego, que debería ser asignado como coste variable, lo hemos con-

Fig. 13.9.- Costes Variables asociados a los factores de producción.
Campaña 2006

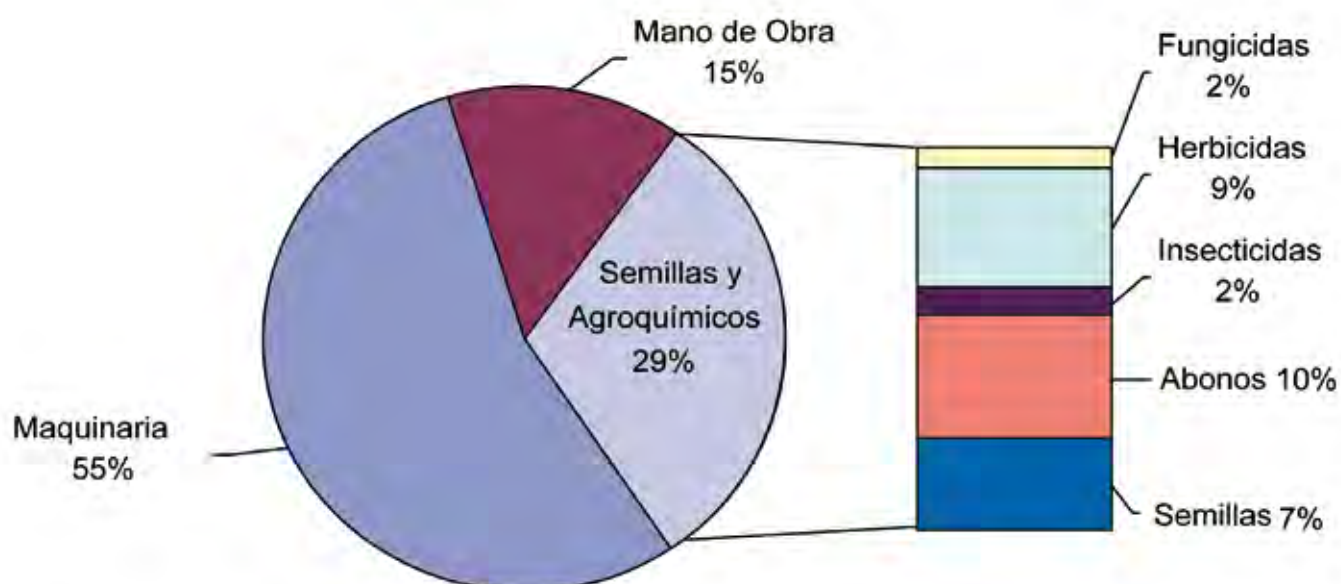
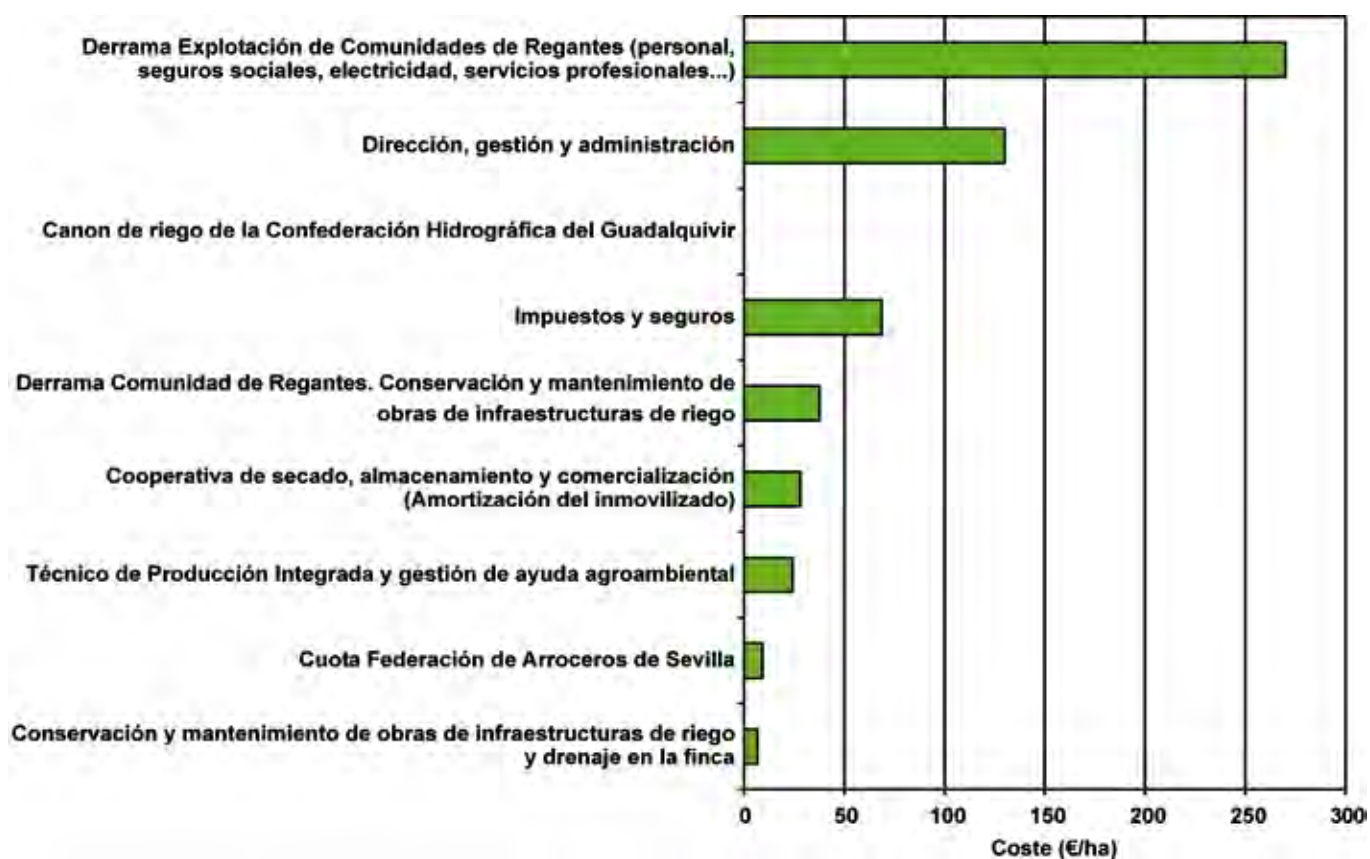


Figura 13.10.- Estructura de los Costes Fijos de una explotación arrocera bajo producción integrada. Campaña 2008



siderado coste fijo. Además, de forma excepcional durante la campaña del 2008, la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir no cobró el correspondiente canon de riego, según el Decreto de Sequía, al no sobrepasarse el 50% de la superficie sembrada de arroz (el coste hubiera rondado los 90 euros por hectárea). De los restantes conceptos, cuantificados en la Fig. 11.10, señalamos el correspondiente al técnico de PIA, cuyo importe no alcanza el 5% de los costes fijos de la explotación.

La composición de los costes totales la integran los costes variables y los costes fijos. Sus cuantías estimadas se exponen en la Tabla 11.11. Su distribución porcentual se observa en la Fig. 11.12, representando los costes variables un 70,2% de los costes totales, de acuerdo con la metodología empleada.

Costes variables (€ / ha)	Costes fijos (€ / ha)	Costes totales (€ / ha)
1349,6	573,9	1923,4

Fig.- 11.12.- Composición de los Costes totales de una explotación arrocera. Campaña 2008

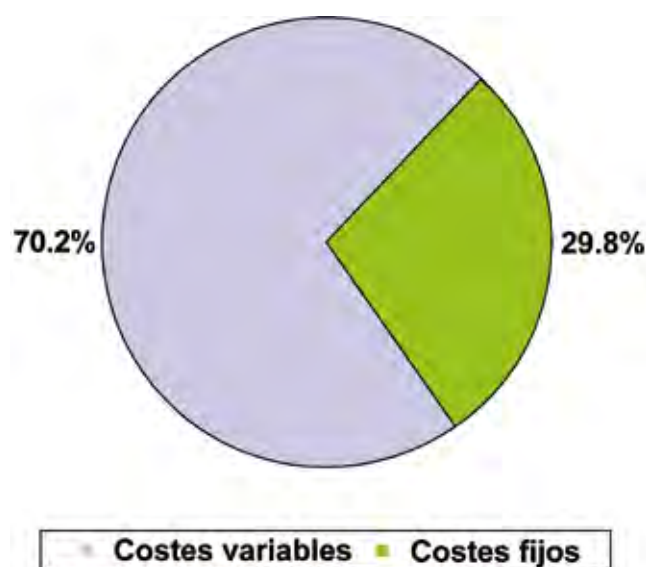


Tabla.- 11.11. Costes variables, fijos y totales del arroz (€ / ha) en producción integrada durante la campaña 2008

La diferencia de costes totales entre la producción integrada y la tradicional es pequeña, estando basada en la obligatoriedad de utilizar semilla certificada y desinfectada (con un incremen-

to de unos 40 euros/ha en costes variables) así como en la contratación del técnico (alrededor de 24 euros / ha, computados en costes fijos).

5.3.- Los ingresos y los márgenes económicos

5.3.1.- Ingresos

Los ingresos del cultivo de arroz tienen dos procedencias: el precio de venta del grano y las subvenciones (ayudas) de la Unión Europea. El valor del grano de arroz está muy influenciado por su precio en el mercado mundial, que es de carácter fluctuante e incierto. El precio del grano en nuestra región está, por tanto, expuesto a significativas variaciones anuales (al alza o a la baja) e incluso a lo largo de una misma campaña. Aunque en los últimos años los precios medios en Andalucía se han incrementado notablemente (175 € / t en la campaña 2004, 207 € / t en 2005, 258 € / t en 2006 y 331 € / t en 2007), ello no asegura, en absoluto, que vaya a continuar dicha tendencia alcista.

Para la campaña de 2008 hemos supuesto tres escenarios de precios: 350 € / t., 425 € / t. y 500 € / t., los cuales darían lugar a unos ingresos por cosecha de 2.800 € / ha, 3400 € / ha y 4.000 € / ha respectivamente (para un rendimiento de 8 t/ha), ingresos que serían percibidos en ambos sistemas de producción, convencional e integrada (Tabla 11.13). El precio de arroz pagado a los agricultores no pertenecientes a una cooperativa suele ser algo inferior (entre 0.07 y 0.2 € / t) al percibido por los cooperativistas.

Tabla 11.13.- Ingresos por venta de cosecha, según tres escenarios de precios y para un rendimiento medio de 8 t / ha de grano.

	Escenarios de precios		
	350 € / t	425 € / t	500 € / t
Ingresos por venta de cosecha (€/ha)	2800	3400	4000

Campaña 2008

Las subvenciones recibidas por los agricultores proceden de las ayudas a superficie (ayuda acoplada), del régimen de pago único (ayuda des-

acoplada), y, en el caso de producción integrada, de las ayudas agroambientales (Tabla 11.14).

	Producción Integrada (€ / ha)
Ayuda a Superficie	452,4
Acoplada (75 € x 6,35 tm/ha)	476,3
Modulación (5%)	-23,8
Pago Único	615,3
Desacoplada (102 € x 6,35 tm/ha)	647,7
Modulación (5%)	-32,4
Ayudas Agroambientales	247,9
Total Subvenciones	1.315,7

Tabla 11.14.- Ingresos por subvenciones al cultivo del arroz en producción integrada

Los ingresos totales aparecen en la Tabla 11.15.

Tabla 11.15.- Ingresos totales, según tres escenarios de precios de venta y para un rendimiento medio de 8 t / ha de grano. Campaña 2008

	Escenarios de precios		
	350 € / t	425 € / t	500 € / t
Venta de cosecha + subvenciones	4115,7	4715,7	5315,7

A pesar de la importancia primordial de los ingresos por venta del grano, el cultivo se encuentra notablemente afectado tanto por las ayudas por superficie como por las del pago único, y en el caso de la producción integrada también por las ayudas medioambientales. El rendimiento en grano se ha mantenido con la aparición de la PIA, e incluso incrementado ligeramente, al constituir su reglamento específico un manual de buenas prácticas culturales, lo que explica la práctica desaparición de las explotaciones en producción tradicional. No obstante, debemos tener en cuenta que dicho reglamento está sometido a modificaciones cada vez más exigentes (en abonado, dosis de siembra, quema de rastrojos, etc.), siendo ya con-

veniente considerar el concepto de lucro cesante (pérdida de cierto rendimiento en cosecha a causa de fuertes restricciones en determinadas prácticas de cultivo), lo que por otro lado justifica las ayudas agroambientales (además, por supuesto, del considerable menor impacto medioambiental que la producción integrada trae consigo).

5.3.2.- Márgenes bruto y neto

De acuerdo con la estructura de ingresos y costes expuesta se concluye con el cálculo de los márgenes correspondientes (Tabla 11.16).

Tabla 11.16.- Ingresos totales, costes totales, margen bruto y margen neto, según tres escenarios de precios y para un rendimiento medio de 8 t / ha de grano. Campaña 2008

	Escenarios de precios		
	350 € / t	425 € / t	500 € / t
Ingresos totales (cosecha + ayudas)	4115,7	4715,7	5315,7
Costes totales (CV + CF)	192,4	1923,4	1923,4
Margen bruto (IT - CV)	2766,1	3366,1	3966,1
Margen neto (IT - CT)	2192,2	2792,2	3392,2

De esta tabla se desprende que el cultivo del arroz tiene una rentabilidad razonable, en las condiciones consideradas. Suponiendo un precio de venta del grano de 425 € / t., el margen neto (que inicialmente podríamos asimilar al beneficio del agricultor) sería de 2792 € / ha (algo menor que en producción convencional). En este margen neto no se han tenido en cuenta los costes de oportunidad (renta de la tierra más los intereses del capital circulante), descritos en el siguiente apartado, con lo que el beneficio antes de impuestos quedaría reducido a 2051,7 € / ha. Lógicamente, si consideramos como escenario de venta del grano los 350 € / t los beneficios para el agricultor disminuirían significativamente, siendo necesario recalcar la amenaza que sobre la rentabilidad del cultivo suponen tanto la incertidumbre con relación a la disponibilidad de agua para riego, como la relativa al precio del grano en el mercado mundial,

de naturaleza cambiante, así como la derivada de las frecuentes reformas y modificaciones de la política agraria comunitaria. En este sentido, es probable que el precio de venta de grano descienda a unos 250 €/t para la próxima cosecha (2009), con el consiguiente agricultor.

El presente estudio ha originado unas tablas agro-económicas que permiten actualizar, en cada campaña, la estimación de costes y beneficios de una explotación de tamaño medio. Basta con introducir las posibles modificaciones en los precios y en las técnicas de cultivo.

6.- Las economías externas al cultivo de arroz

Las economías externas (también llamadas dependientes o externalidades) se pueden definir como aquellas ventajas que uno o varios agentes económicos obtienen de forma gratuita por el comportamiento de otros, sin que exista necesariamente entre ellos algún propósito deliberado de concesión. Las economías externas del arroz son las que su cultivo genera sobre distintos entes (empresas de venta de materias primas, de servicios, de venta y reparación de maquinaria e instalaciones, el propio agricultor y su familia, etc.) como consecuencia de la demanda de factores de producción.

La cuantificación y distribución de estas externalidades se realiza a través de los correspondientes costes de producción, habiendo por lo tanto una relación entre cada coste y las personas y/o empresas que intervienen en el mismo.

En este sentido, hemos establecido seis grandes partidas que representan los factores de producción:

- Tierra: recoge la base territorial de la explotación.
- Capital: Incluye fundamentalmente la maquinaria y las instalaciones disponibles.
- Mano de obra: integra a los trabajadores fijos y eventuales.
- Servicios: incluyendo las empresas que realizan labores de cultivo, comunidades de regantes, cooperativas, entidades financieras, etc.
- Materias primas: semillas, fertilizantes, fitosanitarios, combustibles y lubricantes.

- Empresario: debido a su trabajo y al riesgo empresarial.

La maquinaria y las instalaciones hacen posible, por ejemplo, las labores de cultivo y el almacenamiento y secado del grano, al contar determinadas explotaciones con secaderos mecánicos (los solares ya apenas se utilizan). Los costes asociados a estos factores de producción son fundamentalmente el de reposición y el de mantenimiento. El coste de reposición de la maquinaria puede ser evaluado a través de los costes de amortización. El coste de mantenimiento de maquinaria e instalaciones abarca las reparaciones y el mantenimiento de las instalaciones de la finca (edificios, sistemas de riego, etc.).

La mano de obra ha sido descompuesta en mano de obra fija (la que trabaja todo el año en la explotación) y la eventual (que sólo lo hace en determinadas temporadas, normalmente en las tareas menos mecanizadas). Los costes asociados a estos factores de producción son los correspondientes a la mano de obra fija y a la eventual (trabajadores fijos y eventuales).

Los servicios que recibe el agricultor para la producción y comercialización de sus cosechas provienen de dos clases de entidades: unas creadas por él mismo, en asociación con otros agricultores, y otras externas al empresario arrocero. Las primeras tienen como finalidad reducir los costes de producción (por ejemplo las comunidades de regantes) y/o acceder a una mayor participación en el valor añadido del producto (grano cosechado) en las fases posteriores al cultivo (cooperativas de secado y comercialización). Los servicios que facilitan las entidades externas proceden de empresas que atienden al agricultor fundamentalmente en las labores de cultivo (laboreo, siembra, tratamientos fitosanitarios y recolección), denominadas empresas de servicios. Además, el arrocero recibe la atención de empresas externas al sector agrario, como por ejemplo los servicios financieros que prestan los bancos y cajas de ahorro (las empresas de servicios son también dependientes).

Otros factores de producción fundamentales son las materias primas. Se trata de aquellos productos usados por el agricultor, tanto en el propio cultivo como en la maquinaria e instalaciones. Los componentes más importantes de esta partida son las semillas, fertilizantes, productos fitosanita-

rios, combustibles y lubricantes, siendo los costes asociados a ellos los del mismo nombre. Los colectivos dependientes de las materias primas son los vendedores de dichos factores de producción.

Hay que considerar también al empresario. El empresario (y su familia) participan en el proceso de producción del arroz aportando fundamentalmente trabajo (mano de obra familiar) así como conocimiento y riesgo empresarial.

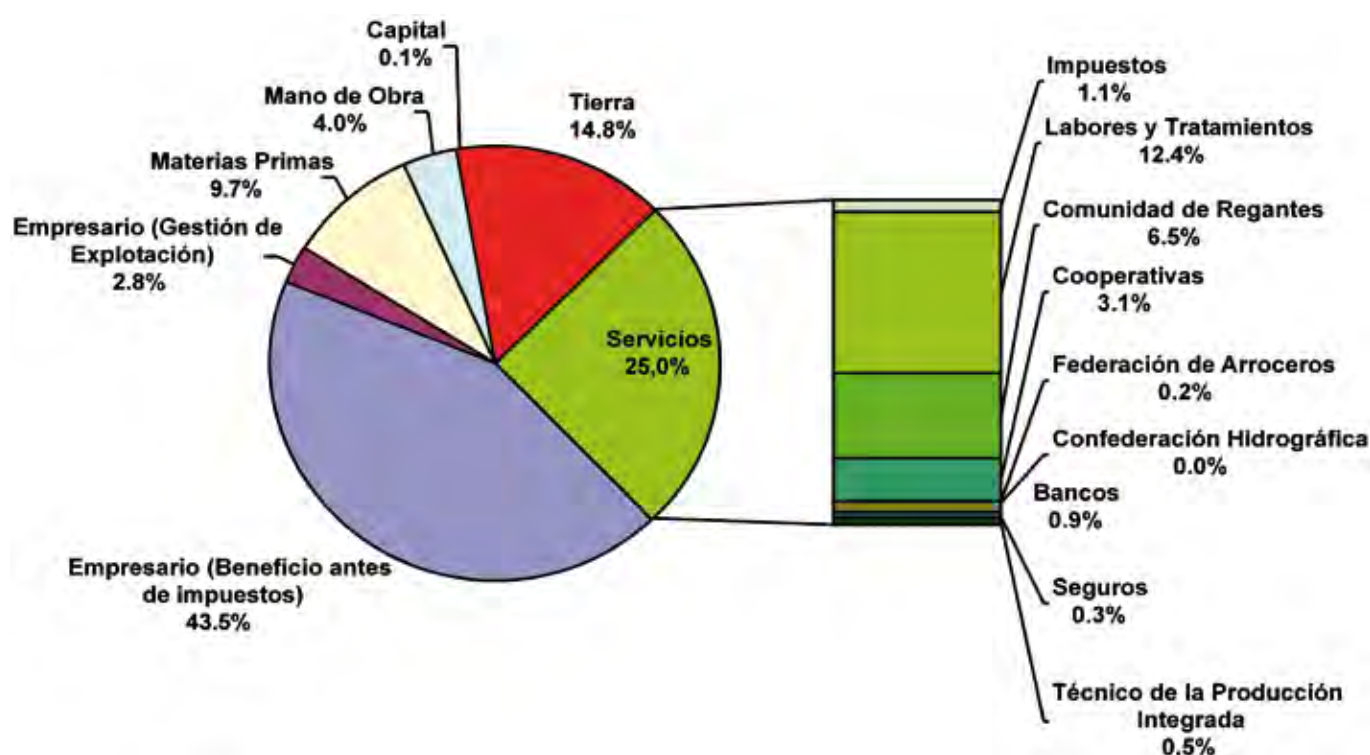
Finalmente, debemos considerar los llamados costes de oportunidad, que se corresponden con la posibilidad del empresario de invertir los gastos de la actividad arrocera en otras actividades alternativas. Los conceptos integrados en este apartado son la renta de la tierra y los intereses del capital circulante.

La tierra, como primer factor de producción, soporta los procesos físicos, químicos y biológicos que posibilitan el crecimiento y desarrollo de las plantas de arroz. Este conjunto de utilidades puede ser evaluado a través de la renta de la tierra, como coste de oportunidad.

El “capital circulante” se puede definir como el conjunto de costes generados por los factores de producción invertidos durante el período productivo y que se agotan en un solo proceso. En otras palabras, el total los costes variables calculados en nuestro estudio se equipara al capital circulante, constituyendo un montante económico, disponible durante la campaña, para hacer frente a la actividad productiva. Los intereses del capital circulante se han establecido usando el tipo de interés de mercado aplicado a los costes variables durante el tiempo que permanecen inmovilizados (hasta que se cobra la producción). En este caso se ha considerado un tipo medio de interés del 3%, que se aplicará al total de costes variables.

La estimación de las economías dependientes del cultivo de arroz se presentan en la Fig. 11.17, siguiendo el orden de los factores de producción: tierra, capital, mano de obra, materias primas, servicios y empresario. Para ello se ha hecho uso de los valores obtenidos sobre costes variables, costes fijos y los costes de oportunidad (el detalle de la asignación de los costes a los fac-

Fig. 13.17.- Economías externas al cultivo de arroz, para un escenario de 8 t / ha de rendimiento en grano vendido a 425 € / t (los ingresos totales, incluidas subvenciones, ascienden a 4715,6 € / ha, desglosándose según gráfico). Campaña 2008



tores de producción, incluyendo la estimación de los beneficios del agricultor, antes de impuestos, se muestra en el Anejo 3).

Tal como muestra la Fig.11.17, el empresario y la tierra suman el 58,3 de los ingresos totales, y por lo tanto de las economías dependientes del cultivo del arroz. Ambos factores son los más afectados en caso de escasez de agua de riego, con la consiguiente disminución del área sembrada.

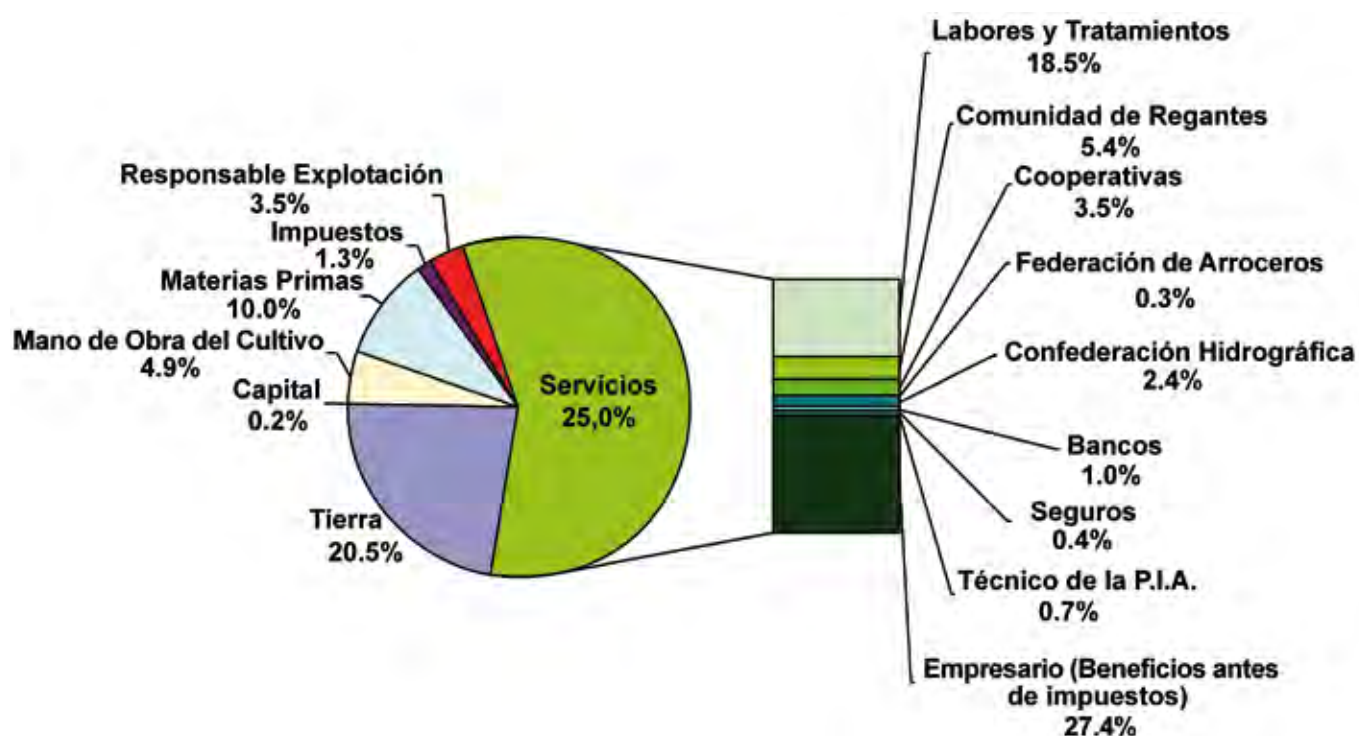
El factor servicios tiene igualmente un gran peso específico (25%), destacando los que prestan las empresas que realizan labores (incluida la recolección) y tratamientos fitosanitarios (12,4%). Este porcentaje es algo superior al real debido, insistimos, a las consideraciones metodológicas sobre alquiler de maquinaria consideradas en este trabajo e introducidas a efectos del cálculo de los costes (así pues, una corrección debería ser efectuada para lograr una distribución de externalidades más ajustada entre los distintos factores). Por otro lado, es frecuente, principalmente en las explotaciones de tamaño pequeño-mediano, la

existencia de un parque de maquinaria sobredimensionado y, a veces, también de mano de obra fija, en parte justificado por el deseo de asegurar la oportunidad de ejecución de las labores y operaciones culturales.

Las materias primas, sobre todo los productos fitosanitarios, constituyen otro factor de importancia (9,7%). La mano de obra representa un elemento de menor cuantía en un cultivo tan mecanizado como el arroz. Parte de la mano de obra que se emplea en el arrozal y en sus economías externas se encuentra incluida en los servicios contratados por el agricultor (empresas de labores, comunidades de regantes, cooperativas, etc.). En la partida de capital sólo se ha tenido en cuenta el mantenimiento de las instalaciones de las explotaciones; no el mantenimiento de la maquinaria, al considerarla contratada a las empresas de servicio.

Las lógicas oscilaciones anuales de costes e ingresos quedan reflejadas en una diferente distribución de los porcentajes de cada factor de pro-

Fig. 13.18.- Economías externas al cultivo de arroz, para un escenario de 8,5 t / ha de rendimiento en grano vendido a 240 € / t (los ingresos totales, incluidas subvenciones, ascienden a 3322,8 € / ha, desglosándose según gráfico). Campaña 2006



ducción, como se puede apreciar en la Fig. 11.18, que corresponde a un estudio económico similar que efectuamos en la campaña 2006.

En resumen, entre las economías externas sobresalen los servicios y el empresario (beneficios antes de impuestos), seguidas por el propietario de la explotación (que recibe la renta de la tierra). Dentro de los servicios destacan las empresas dedicadas a labores y tratamientos. La producción

de arroz genera una notable actividad económica con relación al uso de mano de obra, de semillas, abonos y fitosanitarios (que permiten el desarrollo de empresas suministradoras) y de maquinaria (con la presencia de empresas de servicios, como las de aplicaciones aéreas, las de labores de cultivo y recolección, etc.). El importe total de esta actividad (valor de la producción más subvenciones) es muy oscilante, pudiendo alcanzar en años sin restricciones de agua de riego (38.000 ha sembradas) los 180 millones de euros por campaña.

Anexo 1: Datos contables de una explotación arrocera de tamaño medio en las Marismas del Guadalquivir, bajo producción Integrada, en la campaña 2008

Salarios aplicados

Se considera lo establecido en el Convenio Colectivo Provincial de Sevilla de 2008 para las faenas agrícolas, forestales y ganaderas. Dadas las dimensiones medias de las explotaciones arroceras en las Marismas del Guadalquivir (25-30 ha), éstas no suelen disponer de encargado.

- Salario del trabajador eventual en faenas tipificadas:

Capataz regador con plus de distancia:	41.05 €
Replantador con plus de distancia:	41.05 €
Escardador con plus de distancia:	41.09 €
Salario base:	28.42 €

- Cotización del empresario por jornada real del trabajador:

Contingencias comunes (15.50%)	4.41 €
Accidentes de trabajo y enfermedades profesionales 4.5% (S/Tarifa Primas) .	1.85 €
Desempleo (8.30%)	3.41 €
Fondo garantía salarial (0.20%)	0.08 €
Total cotización	9.75 €

- Repercusión total:

Regador con plus de distancia:	50.80 €
Replantador con plus de distancia:	50.80 €
Escardador con plus de distancia:	50.85 €

Maquinaria

Del estudio de una explotación media de 20 ha (UMCA¹) hasta el doble del valor de la UMCA, como es nuestro caso, se deduce que el reducido número de horas de utilización de la maquinaria por campaña no hace necesaria la adquisición de la misma.

En este estudio toda la maquinaria se considera alquilada, por lo que no ha sido necesario seleccionar máquinas concretas ni calcular sus superficies horarias y tiempos de ejecución.

¹ Unidad mínima de cultivo agroambiental (Real Decreto 708/2002).

Gastos financieros

Hemos considerado el 3% como interés del capital circulante, ya que los gastos vienen realizándose en el período comprendido entre las labores preparatorias y la venta de la cosecha. En el caso de los desembolsos fijos, asumimos que se producen al final del período productivo.

Derrama de las Comunidades de Regantes

- Canon de riego de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir

En el año 2008, de forma excepcional, la Conferencia Hidrográfica del Guadalquivir no cobró el Canon al no sobrepasarse el 50% de superficie sembrada, según el Real Decreto de Sequía (como referencia, el importe de la derrama en 2006 fue de 83.19 €, como resultado de la suma de los costes de regulación, riego y el 4% de Tasas Decreto 138/60).

- Conservación y mantenimiento de obras de infraestructura de riego: 37.56 €
 - Instalaciones de riego (casa de bombas, compuertas, tuberías, repartidores...): .40%
 - Canales (movimientos tierra, tratamientos herbicidas y raticidas): 38%
 - Carreteras (zahorra, maquinaria y mano de obra): 22%
- Explotación: 270.00 €
 - Personal, seguros sociales e IRPF: 42%
 - Electricidad: 44%
 - Servicios Prof. Indep. (material oficina, teléfonos, correos, etc.): 7.5%
 - Inversiones (obras, reposición de bombas, maquinaria, etc.): 3.5%
 - Primas de seguros: 1%
 - Intereses (para retrasar la derrama): 2%

(Cabe resaltar que estos gastos por hectárea se elevan en años de menor superficie sembrada, como en 2008, ya que las casas de bombas precisan del mismo personal para su funcionamiento, al igual que para el mantenimiento de las estructuras de riego y de carreteras, además de las primas de los seguros, etc.)

- Cuota Federación de Arroceros de Sevilla 9.02 €
- Suma total de la derrama 316.58 €**

Cooperativa de secado, almacenamiento y comercialización

- Amortización del inmovilizado: 0.0043 € / kg
- Subvenciones: -0.0008 € / kg
- Tratamiento desinsectante de silos y almacenes (fosfuro de aluminio): 0.0004 € / kg
- Secado, almacenamiento y administración: 0.0112 € / kg

Total gasto cooperativo: 0.0151 € / kg

Impuestos y Seguros

- Impuesto sobre bienes inmuebles: 53.56 €
- Seguro combinado de pedrisco e incendio
(cosecha asegurada: 9.000 kg / ha): 14.98 €

Relación total de costes en orden cronológico (€ / ha)

- **Desagüe de tablas de cultivo:**
 - Mano de obra: 0.05 peonadas x 50.80 € / peonada: 2.54
- **Tratamiento de márgenes con mochila pulverizadora:**
 - Mano de obra: 0.05 peonadas x 50.80 € / peonada: 2.54
 - Herbicida: 0.20 l de Glifosato 36% x 8.82 € / l: 1.76
 - 0.05 l de MCPA 40% x 4.15 € / l: 0.21
- **Mantenimiento y conservación de infraestructuras de riego y desagüe:**
 - Mano de obra: 0.10 peonadas x 50.80 € / peonada: 5.08
 - Materiales de construcción: 1.65
- **Pase de cultivador de brazos flexibles o semichisel:**
 - Maquinaria contratada por hectárea: 24.00
- **Pase de cultivador de brazos flexibles o grada de discos:**
 - Maquinaria contratada por hectáreas: 24.00
- **Preparación de almorrones, canales y filtraciones con poldozer:**
 - Maquinaria contratada por horas: 0.50 horas x 30.00 € / hora: 15.00
- **Nivelación láser:**
 - Maquinaria contratada por pases: 2 pases / ha: 72.00
- **Abonado de fondo con abonadora centrífuga de doble plato a 18 m:**
 - Maquinaria contratada por hectáreas: 9.00
 - Abono: 150 kg DAP (18-46-0) x 0.7 € / kg: 105.00
 - Mano de obra auxiliar para cargar el abono: 0.015 peonadas x 50.80 € / peonada: 0.76
 - Carga, transporte y descarga del abono en finca: 0.05 horas x 24.00 € / hora: 1.20
- **Tapar abono con pase de cultivador o semichisel:**
 - Maquinaria contratada por hectáreas: 24.00
- **Pase de cultivador de brazos flexibles o semichisel:**
 - Maquinaria contratada por hectárea: 24.00
- **Abonado de fondo con abonadora centrífuga de doble plato a 12 m:**
 - Maquinaria contratada por hectáreas: 13.00
 - Abono: 256 Kg UREA 46% x 0.39 € / kg: 99.84
 - Mano de obra auxiliar para cargar el abono: 0.020 peonadas x 50.80 € / peonada: 1.02
 - Carga, transporte y descarga del abono en finca: 0.075 horas x 24.00 € / hora: 1.80
- **Tapar abono con pase de rastrilla + rulo desterrador:**
 - Maquinaria contratada por hectáreas: 20.00
- **Apertura de piqueras de entrada de agua y control de algas:**
 - Mano de obra: 0.10 peonadas x 50.80 € / peonada: 5.08
 - Alguicida: 3 kg de sulfato de cobre (25%) en piedra x 2.85 € / kg: 8.55
- **Limpieza de márgenes (residuos de pasto y raíces de la cosecha anterior):**
 - Mano de obra: 0.10 peonadas x 50.80 € / peonada: 5.08

• **Remojo y desinfección de semilla:**

Mano de obra: 0.05 peonadas x 50.80 € / peonada:	2.54
Desinfectante de semilla: 0.50 l de Mancozeb 43% x 7.60 € / kg:	3.80

• **Siembra con tractor + abonadora centrífuga de doble plato:**

Maquinaria contratada por hectárea:	17.00
Semilla certificada R-2 variedad "Puntal": 170 kg x 0.515 € / kg:	87.55
Mano de obra auxiliar para cargar la semilla: 0.020 peonadas x 50.80 €:	1.02
Carga, transporte y descarga de semilla en finca: 0.075 horas x 24.00 € / hora:	1.80

• **Tratamiento de márgenes con mochila pulverizadora:**

Mano de obra: 0.05 peonadas x 50.80 € / peonada:	2.54
Herbicida: 0.20 l de Glifosato 36% x 8.82 € / l:	1.76
0.05 l de MCPA 40% x 4.15 € / l:	0.21

• **Tratamiento aéreo contra larvas de quironómidos y efídridos:**

Avioneta contratada por litros de caldo aplicados: 50 l de caldo x 0.24 € / l:	12.00
Insecticida: 2 l de Malathión 90% x 5.66 € / l:	11.32
Mano de obra auxiliar para preparación del caldo: 0.015 peonadas x 50.80 €:	0.76
Señaleros: 2 x 0.015 peonadas x 50.80 € / peonada:	1.52

• **Replanta:**

Mano de obra: 0.25 peonadas x 50.80 € / peonada:	12.70
--------------------------------------------------------	-------

• **Tratamiento aéreo contra echinocloa:**

Avioneta contratada por litros de caldo aplicados: 100 l de caldo x 0.24 € / l:	24.00
Herbicida: 0.6 l de Profoxidim 20% x 129 € / l:	77.40
0.4 l de Dash HC (mojante) x 11.45 € / l:	4.58
Mano de obra auxiliar para preparación del caldo: 0.025 peonadas x 50.80 €:	1.27
Señaleros: 2 x 0.025 peonadas x 50.80 € / peonada:	2.54

• **Tratamiento terrestre contra ciperáceas y hoja ancha:**

Maquinaria: tractor con equipo de pulverización contratado por hectáreas:	16.00
Herbicida: 1.5 l de Bentazona 40% + MCPA 6% x 12 € / l:	18.00
1.5 l de Propanil 35% x 4.3 € / l:	6.45
0.5 l de MCPA 40% x 4.15 € / l:	2.08

• **Tratamiento aéreo contra pulgón:**

Avioneta contratada por litros de caldo aplicados: 50 l de caldo x 0.24 € / l:	12.00
Insecticida: 1.5 l de Malathión 90% x 5.66 € / l:	8.49
Mano de obra auxiliar para preparación del caldo: 0.015 peonadas x 50.80 €:	0.76
Señaleros: 2 x 0.015 peonadas x 50.80 € / peonada:	1.52

• **Escarda manual de echinocloa:**

Mano de obra: 2 pases x 0.25 peonadas x 50.80 € / peonada:	25.40
------------------------------------------------------------------	-------

• **Tratamiento aéreo contra rosquilla / pudenta:**

Avioneta contratada por litros de caldo aplicados: 50 l de caldo x 0.18 € / l:	9.000
Insecticida: 2 kg/l de Triclorfón 80% x 4.53 € / l:	9.060
Mano de obra auxiliar para preparación del caldo: 0.015 peonadas x 43.75 €:	0.656
Señaleros: 2 x 0.015 peonadas x 43.75 € / peonada:	1.312

• Tratamiento aéreo contra <i>Pyricularia Oryzae</i>:	
Avioneta contratada por litros de caldo aplicados: 100 l de caldo x 0.24 € / l:	24.00
Fungicida: 0.30 kg de Triciclazol 75% x 49 € / kg:	14,70
Mano de obra auxiliar para preparación del caldo: 0.025 peonadas x 50.80 €:	1.27
Señaleros: 2 x 0.025 peonadas x 50.80 € / peonada:	2.54
• Riego:	
Mano de obra familiar o regador: 105 días x 0.02 peonadas x 50.80 € / peón.: ...	106.68
• Recolección:	
Maquinaria: Cosechadora de cereales con equipo de arroz contratada por ha: ...	170.00
• Transporte de cosecha:	
Maquinaria: Tractor con remolque: 8.000 kg (18.5% hdad.) / ha x 0.0042 € / kg: ...	33.60
• Cooperativa de secado, almacenamiento y comercialización:	
Gasto cooperativo: 8.500 kg / ha x 0.0151 € / kg:	128.35
• Quema de rastrojo:	
La cosechadora pica y esparce la paja, no quemándose el rastrojo.	
• Labor de fanguero:	
Maquinaria contratada por hectáreas:	38.00
• Derrama Comunidad de Regantes:	
Explotación, conservación, canon de riego CHG y cuota FAS:.....	316.58
• Técnico de Producción Integrada y gestión de ayuda agroambiental:	
Cuota:	24.00
• Impuestos y Seguros:	
Impuesto sobre bienes inmuebles:	53.56
Seguro de pedrisco e incendio:	14.98
• Dirección, gestión y administración:	
Servicios profesionales:	130.00
• Total costes variables:	1.138.14
• Total costes fijos:	515.34
Costes totales:	1.653,48

Anexo 2.- Hoja de cultivo del arroz y costes variables según factores de producción (€/ha)

Fecha	Labores	Clave	Costes				
			Maquinaria	Mano de obra	Productos	Total	Total acumulado
01/01	Desagüe de tablas de cultivo	Riego	0	2,50	0	2,50	2,50
31/01	Tratamiento herbicida de márgenes/caminos	Riego	0	2,50	2,00	4,50	7,10
28/02	Pase de cultivador 1	Labores preparatorias	24,00	0	0	24,00	31,10
10/03	Pase de cultivador 2	Labores preparatorias	24,00	0	0	24,00	55,10
30/03	Preparación de almorrones, canales y filtraciones	Labores preparatorias	15,00	0	0	15,00	70,10
15/04	Nivelación laser	Labores preparatorias	72,00	0	0	72,00	142,10
20/04	Abonado de fondo 1	Abonado	9,00	2,00	105,00	116,00	258,00
22/04	Tapar abono 1	Abonado	24,00	0	0	24,00	282,00
30/04	Pase de cultivador 3	Labores preparatorias	24,00	0	0	24,00	306,00
01/05	Abonado de fondo 2	Abonado	13,00	2,80	99,80	115,70	421,70
02/05	Tapar abono 2	Abonado	20,00	0	0	20,00	441,70
02/05	Apertura de piqueras de entrada de agua y control de algas	Riego	0	5,10	8,60	13,60	455,30
05/05	Limpieza de márgenes	Riego	0	5,10	0	5,10	460,40
05/05	Remojo/desinfección de semillas	Siembra	0	2,50	3,80	6,30	466,70
10/05	Siembra	Siembra	17,00	2,80	87,60	107,40	574,10
	Tratamiento herbicida de márgenes	Tratamientos		2,50	2,00	4,50	578,60
17/05	Tratamiento insecticida contra larvas de Quironómidos y Efidridos	Tratamientos	12,00	2,30	11,30	25,60	604,20
31/05	Replanta	Siembra	0	12,70	0	12,70	616,90
07/06	Tratamiento herbicida contra Echinochloa	Tratamientos	24,00	3,80	82,00	109,80	726,70

Anexo 2 (cont).- Hoja de cultivo del arroz y costes variables según factores de producción (€ / ha)

Fecha	Labores	Clave	Costes				Total acumulado
			Maquinaria	Mano de obra	Productos	Total	
14/06	Tratamiento herbicida contra Ciperáceas y Hoja ancha	Tratamientos	16,00	0	26,50	42,50	769,20
15/06 - Maduración	Tratamiento insecticida contra pulgón	Tratamientos	12,00	2,30	8,50	22,80	792,00
30/06	Escarda manual de Echinochloa	Tratamientos	0	12,70	0	12,70	804,70
01/08	Tratamiento contra Rosquilla/Pudenta	Tratamientos	12,00	2,30	9,20	23,50	828,20
15/08	Escarda manual de Echinochloa	Tratamientos	0	12,70	0	12,70	840,90
01/08- -01/09	Tratamiento contra Pyricularia Orzyae	Tratamientos	24,00	3,80	12,60	40,40	881,30
Todo el ciclo	Riego (mano de obra del regador)	Riego	0	106,70	0	106,70	988,00
01/10	Recolección	Recoleccion	170,00	0	0	170,00	1.158,00
01/10	Transporte cosecha	Recoleccion	33,60	0	0	33,60	1.191,60
01/10	Cooperativa secado, almacenamiento comercialización	Recoleccion	120,00	0	0	120,00	1.311,60
10/10	Quema de rastrojo	Labores postcosecha	0	0	0	0	1.311,60
29/10	Labor de fanguero	Labores postcosecha	38,00	0	0	38,00	1.349,60

**Anexo 3: Economías externas (dependientes) del cultivo de arroz en Producción Integrada.
Campaña 2008**

Concepto	Costes variables (€/ha)	Costes fijos (€/ha)	Costes Oportunidad (€/ha)	Total (€/ha)	Destinatario
Tierra			700,00	700,00	Empresario
Capital (Mantenimiento de edificios e infraestructura de riego)		6,70		6,70	Empresas de mantenimiento de edificios e instalaciones
Mano de Obra del cultivo	187,20			187,20	Mano de obra familiar, fija y eventual
Materias Primas	458,80			458,80	Distribuidores de semillas y agroquímicos
Semilla	87,60			87,60	Distribuidores de semillas
Abonos	204,80			204,80	Distribuidores de abonos
Fitosanitarios	166,40			166,40	Distribuidores de fitosanitarios
Servicios	703,60	383,60	40,50	1.127,60	Empresas de servicios
Labores y tratamientos de cultivo	583,60			583,60	Empresas de servicios de labores
Comunidades de Regantes		307,60		307,60	Empresario y empresas de mantenimiento
Explotación		270,00		270,00	Empresario
Mantenimiento		37,60		37,60	Empresas de mantenimiento
Cooperativas	120,00	28,00		148,00	Empresario
Federación de Arroceros		9,00		9,00	Empresario
Conferencia Hidrográfica del Guadalquivir		0		0	Usuarios regadíos Guadalquivir
Bancos (Intereses del Capital Circulante)			40,50	40,50	Entidades bancarias
Seguros		15,00		15,00	Entidades de seguros
Técnico de la PIA		24,00		24,00	Equipos técnicos de PIA
Impuestos (Impuestos sobre Bienes Inmuebles)		53,60		53,60	Erario Público
Empresario (Dirección)		130,00		130,00	Empresario
Empresario (Beneficios antes de impuestos para un escenario de precios de arroz de 425 €/t) = Margen neto - Costes de oportunidad				2.051,70	Empresario

Bibliografía

Bibliografía consultada

- AGUILAR, M.; ESPINOSA, M.; CONTRERAS, J. M.; BORJAS, F. Y SÁNCHEZ, M. (1985-2009). Red Andaluza de Experimentación Agraria (RAEA). *Resultado de Ensayos de Arroz*. Ed: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Publicaciones anuales.
- AGUILAR, M.; ESPINOSA, M.; CONTRERAS, J. M.; BORJAS, F.; GONZÁLEZ, T. Y SÁNCHEZ, M. (1997). Red Andaluza de Experimentación Agraria (RAEA). *Ensayos de Variedades* (Resumen desde 1989 a 1996). *Abonado Nitrogenado* (Resumen de 1994 y 1996). Ed: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.
- AGUILAR, M. (2009). *Consideraciones sobre el abonado fosfórico en el arroz*. Artículo premiado en el Concurso sobre Trabajos del Arroz, organizado por la Fundación F. V. Mutua Arroceras en 2009.
- AGUILAR, M. (2009). Variedad "Manuela". Registro de Variedades Comerciales de la Oficina Española de Variedades Vegetales. Madrid, España.
- AGUILAR, M.; BORJAS, F. Y FERNÁNDEZ, J. L. (2009). *Consideraciones sobre el abonado nitrogenado y fosfórico del arrozal en las Marismas del Guadalquivir*. Ed.: Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca. Viceconsejería. Servicio de Publicaciones y Divulgación. Colección Agricultura, serie Cultivos herbáceos. En imprenta.
- AGUILAR, M. Y NAVARRO, L. (2008). *Estudio agroeconómico del cultivo del arroz bajo producción integrada en las Marismas del Guadalquivir*. Ed.: Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca. Viceconsejería. Servicio de Publicaciones y Divulgación. Colección Agricultura, serie Cultivos herbáceos. 105 pp.
- AGUILAR, M. (2007). *Performance of rice hybrids under Mediterranean cultivation conditions*. Cereal Research Communications. Noviembre, 1713-1722 pp.
- AGUILAR, M. Y PASCUAL-VILLALOBOS, M. J. (2007). *Plagas del arroz almacenado en Andalucía*. Ed.: Junta de Andalucía, Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa, y Consejería de Agricultura y Pesca. Servicio de Publicaciones y Divulgación. Colección Agricultura, serie Sanidad Vegetal. 54 pp.
- AGUILAR, M.; CASTEJÓN, M. Y LARA, I. (2007). *Resistance of rice cultivars to *Pyricularia oryzae* in Southern Spain*. Spanish Journal of Agricultural Research. Vol. 5 (1).

- AGUILAR, M.; PÉREZ-LEÓN, N.; CASTRO, R. Y GLEZ, M. C. (2007). *Variedad "Los Palacios-12" ("Anays")*. Registro de Variedades Comerciales. Subdirección de Certificación de Semillas. Cuba.
- AGUILAR, M.; PÉREZ-LEÓN, N.; CASTRO, R. Y GLEZ, M. C. (2007). *Variedad "Roana"*. Registro de Variedades Comerciales. Subdirección de Certificación de Semillas. Cuba.
- AGUILAR, M. (2006). *Water use and integrated rice management in Southern Spain*. International Rice Commission. 3-5 Mayo. Chiclayo, Perú.
- AGUILAR, M. Y BORJAS, F. (2006). *Variedades Convencionales de Arroz (2005). Variedades Híbridas de Arroz (2003-2005)*. RAEA. Ed: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. 50 pp.
- AGUILAR, M.; CASTEJÓN, M. Y LARA, I. (2006). *Identificación de las razas de Pyricularia oryzae en la zona arroceras de las Marismas del Guadalquivir*. Ed: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. 29 pp.
- AGUILAR, M. (2005). *Management scarce water resources in rice crop in Southern Spain*. Indian Society of Soil Science. Indian Agricultural Research Institute. International Conference on Soil, Water and Environmental Quality. Issues and Strategies. Nueva Delhi, India. 28 Enero- 01 Febrero, 2005.
- AGUILAR, M. (2005). *Variedad "Carmen"*. Registro de Variedades Comerciales de la Oficina Española de Variedades Vegetales. Madrid, España.
- AGUILAR, M. Y BORJAS, F. (2005). *Water use in three flooding management systems under Mediterranean climatic conditions*. Spanish Journal of Agricultural Research, 3 (3). Septiembre, 344-352 pp.
- AGUILAR, M.; CASTEJÓN, M. Y LARA, I. (2005). *Comportamiento de Pyricularia oryzae en las Marismas del Guadalquivir. Eficacia funguicida frente al patógeno*. RAEA. Ed: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. 25 pp.
- AGUILAR, M. (2004). *Biología, seguimiento y control de larvas de quironómidos (gusanos rojos y blancos) en el arrozal*. Phytoma España, Vol. 164. 145-148 pp.
- AGUILAR, M. (2004). *Comparison between traditional versus integrated rice production in southern Spain*. In: Proc. of the 15th International Plant Protection Congress. Beijing, China, 11-16 de Mayo. 38-39 pp.
- AGUILAR, M. (2004). *Integrated Rice Production in Spain*. In: proc. Pre-XVth International Plant Protection Congress. 8-10 Mayo 2004, Beijing, China.
- AGUILAR, M. (2004). *Pesticides application reduction in integrated rice production in southern Spain*. In: Proc. of the Challenges and opportunities for sustainable rice-based production systems Conference. Torino, Italia, 13-15 de Septiembre. 15-21 pp.
- AGUILAR, M. Y ESCOBAR, A. J. (2004). *Disminución de la aplicación de pesticidas en la producción integrada del arrozal andaluz*. Phytoma España, Vol. 162. 109-112 pp.
- AGUILAR, M. (2001). *El cultivo del arroz en el sur de España*. Caja de Ahorros El Monte. 189 pp.
- AGUILAR, M. (2001). *Rice situation in southern Spain*. Cahiers Options Méditerranéennes, Vol. 50. 123-126 pp.
- AGUILAR, M.; ESPINOSA, M. Y CONTRERAS, J. M. (1999). *Producción integrada de arroz en Andalucía*. Agrícola Vergel, Vol. 209. 328-336 pp.
- AGUILAR, M. (1998). *Water Use Efficiency in Two Flood Management Systems in Southern Spain*. Cahiers Options Méditerranéennes. Vol. 40, 71-74 pp.

- AGUILAR, M.; ESPINOSA, M. Y CONTRERAS, J. M. (1998). *Effect of preseeding nitrogen on rice yield components and leaf nitrogen content under salty and non salty watering condition in southern Spain*. Cahiers Options Méditerranéennes, 24 (3). 71-77 pp.
- AGUILAR, M.; GRAU, D.; ESPINOSA, M. Y CONTRERAS, J.M. (1997). *Effect of preseeding nitrogen fertilization on rice yield in Southern Spain*. In: Proc. Int. Symposium on Rice Quality. 24-27 Noviembre, Nottingham, RU.
- AGUILAR, M. (1996). *Situación y perspectivas futuras del cultivo del arroz en Andalucía y Extremadura*. Agrícola Vergel. Abril, 211-215 pp.
- AGUILAR, M. Y GRAU, D. (1995). *Effect of applied before seeding nitrogen fertilisation on rice yield components*. Cahiers options Méditerranéennes, 15 (1). 53-57 pp.
- AGUILAR, M. Y GRAU, D. (1995). *Nota sobre el efecto del abonado nitrogenado en el contenido de nitrógeno foliar en arrozal*. Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetales. Vol. 10 (3).
- AGUILAR, M.; NAVARRO, L.; ESPINOSA, M. Y CONTRERAS, J. M. (1995). *Cultivo del arroz en clima mediterráneo*. Resumen de Ponencias del I Curso Internacional de Arroz. CIFA "Las Torres-Tomejil", Alcalá del Río.
- AGUILAR, M. Y GRAU, D. (1994). *Influencia del abonado nitrogenado de fondo sobre los componentes del rendimiento y el comportamiento agronómico del arroz*. Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetales. Vol. 9 (1).
- AGUILAR, M. (1992). *Situación, análisis y perspectivas futuras de los cultivos de arroz y maíz en Andalucía*. En: Perspectivas de la agricultura del Valle del Guadalquivir (secanos y regadíos). Publicación de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 99-111.
- AGUILAR, M. Y NAVARRO, L. (2000-2008). *Evaluación del Impacto de la producción integrada de arroz en la Marismas del Guadalquivir y del grado de cumplimiento del reglamento específico de la misma*. Memorias anuales de las campañas 2000-2008. Documento Interno de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.
- CARRETERO, J. L. (1981). *El género Echinochloa Beauv. en el suroeste de Europa*. Anales Jard. Bot. Madrid. Vol. 38 (1). 91-108 pp.
- CASTEJÓN, M.; GARCÍA-FERNÁNDEZ, M. Y AGUILAR, M. (2002). *Rice seedborne infection in southern Spain*. Plant Protection Science, 38. 56-59 pp.
- CASTEJÓN-MUÑOZ, M., LARA-ÁLVAREZ, I. Y AGUILAR, M. (2004). *Climate influence over air content of Pyricularia oryzae conidia and symptomatology of rice crop in southern Spain*. In: Proc. of the Challenges and opportunities for sustainable rice-based production systems Conference, Torino, Italia, 13-15 de Septiembre. 51-61 pp.
- DE PRADO, R. A.; DIAZ, M. A.; RUIZ-SANTAELLA, J. P. Y AGUILAR M. (2007). *Fate Of Bensulfuron-methyl In Biotypes Of Scirpus Mucronatus L. Collected In Chilean Paddy Fields*. In: Proc. 2007 WSSA annual meeting. San Antonio, Texas, 4-8 febrero.
- HERRERA-PALAU, R; AGUILAR, M.; VALVERDE, F. Y SERRANO, A (2009). *Transcriptional regulation under salt stress of the proton pyrophosphatases multigenic family or rice varieties cultivated in the Guadalquivir river marshland (Spain)*. In: Proc. 3rd International SMBBM Congress, IUBMB Special Meeting & 6th FASBMB Congress. Marrakech, Marruecos.
- LARA, I.; CASTEJÓN, M. Y AGUILAR, M. (2005). *Climatic conditions, Pyricularia oryzae airborne spore concentration and leaf symptoms in rice in Southern Spain*. In: Program and abstracts of the 2nd Asian Conference on Plant Pathology 2005. Singapur. 25-28 de Junio. 80 pp.

- NAVARRO, L.; DÍAZ, J. Y RODRÍGUEZ, M.J. (1997). *Economías dependientes de la producción de arroz en las Marismas del Guadalquivir. Incidencia de la sequía en los sectores dependientes y los agricultores arroceros (en Cultivo de Arroz en Clima Mediterráneo)*. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca, Cursos Superiores.
- PASCUAL-VILLALOBOS, M. J. Y DEL ESTAL, P. (2006). *Plagas del arroz almacenado en España*. Póster con dibujos. IMIDA, Murcia, España.
- PASCUAL-VILLALOBOS, M. J.; BOZAL, J. M.; GARCÍA, M. C.; SOLER, A.; BAZ, A.; DEL ESTAL, P. Y AGUILAR, M. (2005). *Plagas de almacén del arroz y enemigos naturales en España*. IV Congreso Nacional de Entomología Aplicada. X Jornadas Científicas de la SEEA. I Jornadas Portuguesas de Entomología Aplicada. Escola Superior Agraria de Bragança. Bragança, Portugal. 17 al 21 Octubre de 2005.
- PASCUAL-VILLALOBOS, M. J.; CARRERES, R., RIUDAVETS, J., AGUILAR, M., BOZAL, J.M., GARCÍA, M.C., SOLER, A., BAZ, A. Y DEL ESTAL, P. (2006). *Plagas del arroz almacenado y enemigos naturales en España*. Boletín de Sanidad Vegetal Plagas, 32. 223-229 pp.
- PÉREZ-LEON, N.; ADMETLLA, E. Y AGUILAR, M. (2003). *Evaluación de líneas de arroz obtenidas por cultivo in vitro de anteras de híbridos*. Cultivos Tropicales, 24 nº 2. 81-83 pp.
- PÉREZ-LEON, N.; ADMETLLA, E. Y AGUILAR, M. (2003). *In vitro anther culture of rice hybrids*. Cultivos Tropicales, 24 nº 2. 77-79 pp.
- PÉREZ-LEÓN, N.; GONZÁLEZ, M. C.; CÁRDENAS, R. M.; CASTRO, R. I. Y AGUILAR, M. (2009). *Parent selection for rice breeding programs in Cuba*. Spanish Journal of Agricultural Research (aceptada para publicación).
- University of California (1993). *Integrated pest management for rice*. Statewide Integrated Pest Management Project. Division of Agriculture and Natural Resources.
- WEBSTER, K.; ROBERT, S. Y GUNNEL, P. (1992). *Compendium of Rice Diseases*. University of California, Davis. APS PRESS. The American Phytopathological Society.
- ZURITA, J.L.; RONCEL, M.; AGUILAR, M. Y ORTEGA, M. (2005). *A Thermoluminescence Study of Photosystem II Back Electron Transfer Reactions in Rice Leaves - Effects of Salt Stress*. Photosynthesis Research . Vol. 84. Núm. 1-3. 131-137 p

