

El Cultivo del Arroz en Venezuela



Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas

Junta Directiva

<i>Presidente</i>	Prudencio Chacón
<i>Miembro Principal</i>	Cánovas Martínez
<i>Miembro Principal</i>	Alberto Lovera
<i>Secretario Ejecutivo</i>	Jesús Salazar

Gerencia Corporativa

<i>Gerente General</i>	Jesús Salazar
<i>Gerente de Investigación</i>	Tania Rodríguez
<i>Gerente de Negociación Tecnológica</i>	José A. Ureña
<i>Gerente Desarrollo Institucional</i>	Doris Torres
<i>Gerente de Recursos Humanos</i>	Omar Ledezma
<i>Gerente de Administración y Servicios</i>	Jesús Medina
<i>Coordinador/Gerente Pta</i>	Ramón Rea
<i>Consultor Jurídico</i>	María T. Rangel
<i>Director Senasem</i>	Héctor Mena

Directores de Centros y Estaciones

<i>Anzoátegui</i>	Ángel Leal	<i>Mérida</i>	Wilfredo Franco
<i>Amazonas</i>	Jesús Infante	<i>Monagas</i>	Jesús Pérez B.
<i>Apure</i>	Ygiana Bolívar	<i>Miranda</i>	José V. Hernández
<i>Barinas</i>	Eduardo Delgado	<i>Portuguesa</i>	Nelly Delgado
<i>Ceniap</i>	Julia Álvarez	<i>Sucre</i>	Amelia La Barbera
<i>Delta Amacuro</i>	Alcibiades Carrera	<i>Táchira</i>	Mayra Fuenmayor
<i>Falcón</i>	Carlos Romero	<i>Trujillo</i>	Itamar Galíndez
<i>Guárico</i>	Rita Tamasaukas	<i>Yaracuy</i>	Blas Linares
<i>Lara</i>	Luis Guillén	<i>Zulia</i>	Claudio Pulgar

El Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas es un instituto autónomo, según Ley publicada en la Gaceta Oficial N° 36.920 del 28 de marzo de 2000, adscrito al Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 2004. El Cultivo del Arroz en Venezuela. Comp. Orlando Páez; Edit. Alfredo Romero. Maracay. 202 p. (Serie Manuales de Cultivo INIA N° 1)

AGRIS: F01 E14

Descriptores: Arroz; Cultivo; Difusión de la información.

República Bolivariana de Venezuela
Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas

El Cultivo del Arroz en Venezuela

Serie Manuales de Cultivo INIA N° 1

El Cultivo del Arroz en Venezuela

1ª edición: 2004

© Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

Maracay, Venezuela

Hecho el depósito de ley

Versión Impresa

Depósito Legal: lf 22320046303559

ISBN: 980-318-178-5

Versión Digital

Depósito Legal: lfi 2232011630748

ISBN: 978-980-318-256-4

Compilación: Orlando Páez N.

Editor: Alfredo Romero S.

Revisión y corrección: Ángela Gómez B.

Diagramación y diseño: Harry Almela

Impresión: DIPAINCA, Maracay

Esta obra digital es propiedad del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, publicado para el beneficio y la formación plena de la sociedad. Por ello se permite el uso y la reproducción total o parcial de esta obra, siempre que no se haga con fines de lucro, no vulnere la propiedad intelectual del mismo y se cite al autor y la institución conforme a las normas vigentes.

La preparación de este manual de cultivo INIA estuvo a cargo del equipo conformado de la siguiente manera:

Compilación y coordinación técnica:	<i>Orlando Páez N.</i>
Coordinación de edición y producción:	<i>Alfredo Romero S.</i>
Clasificación y origen del cultivo:	<i>Orlando Páez N.</i>
Zonas y sistemas de producción en Venezuela:	<i>Orlando Páez N.</i>
Morfología y etapas de crecimiento y desarrollo:	<i>Orlando Páez N.</i>
Ecología del cultivo:	<i>Orlando Páez N.</i> <i>Orlando Moreno</i>
Riego en arroz:	<i>Orlando Páez N.</i> <i>Orlando Torres</i> <i>Margelis Salazar</i>
Mejoramiento genético:	<i>Rosa María Álvarez</i> <i>Orlando Moreno</i> <i>Nelly Delgado</i> <i>Edicta Reyes</i> <i>Marco Acevedo</i> <i>Gelis Torrealba</i>
Aplicación de la biotecnología en el mejoramiento del arroz:	<i>Iris Pérez Almeida</i>
Preparación de suelos y sistemas de siembra:	<i>William Castrillo F.</i> <i>Orlando Páez N.</i> <i>Jesús Peña B.</i> <i>Germán Rico B.</i>
Nutrición y fertilización en arroz:	<i>Orlando Páez N.</i> <i>Germán Rico B.</i> <i>Lorenzo Velásquez</i>
Manejo de la maleza en arrozales:	<i>William Castrillo F.</i> <i>Orlando Páez N.</i>
Enfermedades y su manejo:	<i>Humberto A. Rodríguez</i> <i>Herman A. Nass</i> <i>María Navas</i>
Manejo de plagas. Insectos:	<i>Luis E. Vivas C.</i> <i>Pedro R. Castillo</i>
Manejo de plagas. Vertebrados:	<i>Daniilo A. Agüero</i> <i>Carmen Judith Poleo</i>
Producción y certificación de semillas de arroz:	<i>Orlando Colmenares</i> <i>Manuel Alfonso</i> <i>Jesús Ochoa</i>

CONTENIDO

Prólogo.	13
Introducción. El Cultivo del Arroz en Venezuela	20
El arroz como el cereal ideal para el trópico	18
Potencialidad del cultivo en Venezuela	18
Productividad creciente del cultivo	19
Capítulo I. Clasificación y Origen del Cultivo	20
Clasificación taxonómica	20
Origen	20
<i>Indica</i>	21
<i>Japonica</i>	21
<i>Javanica</i>	21
Capítulo II. Zonas y Sistemas de Producción en Venezuela	23
Región Occidental	23
Región Central	25
Características agroecológicas de zonas arroceras	26
Producción de arroz en Venezuela	26
Capítulo III. Morfología y Etapas de Crecimiento y Desarrollo	29
Morfología del cultivo	29
Raíces	29
Tallo	30
Hojas	31
Flores	33
Grano	34
Calidad del grano	35
Desarrollo del arroz	36
Fases de desarrollo y crecimiento del arroz	36
Etapas de desarrollo	38
<i>Germinación de la semilla</i>	39
<i>Plántula</i>	40
<i>Macollamiento</i>	40
<i>Elongación o alargamiento del tallo</i>	41
<i>Iniciación de la panícula</i>	42
<i>Desarrollo de la panícula</i>	42
<i>Floración (antesis)</i>	44
<i>Grano lechoso</i>	44
<i>Grano pastoso</i>	45
<i>Grano maduro</i>	45
Manejo agronómico del cultivo en función del desarrollo de la planta...	45
<i>Germinación de la semilla</i>	46
<i>Plántula</i>	46
<i>Macollamiento</i>	47
<i>Elongación del tallo e inicio del primordio panicular</i>	47
<i>Desarrollo de la panícula</i>	47

<i>Floración</i>	47
<i>Grano lechoso</i>	47
<i>Grano pastoso</i>	48
<i>Grano maduro</i>	48
Capítulo IV. Ecología del Cultivo	49
Temperatura	49
Radiación solar	50
Agua	51
Suelos	52
Humedad relativa	52
Vientos	53
Capítulo V. Riego en Arroz	55
Métodos de riego	56
Riego por bordas en curvas a nivel	56
Riego en melgas rectangulares	57
Capítulo VI. Mejoramiento Genético	59
Cultivares y su clasificación	59
Mejoramiento genético del arroz en Venezuela	60
Métodos de mejoramiento	60
Mejoramiento por pedigrí	61
<i>Arroz de mesa bajo riego</i>	61
<i>Cruzamiento y selección de familias segregantes</i>	62
<i>Evaluación de introducciones</i>	62
<i>Evaluación de líneas promisorias</i>	63
<i>Estabilización de líneas</i>	63
<i>Producción de semilla genética</i>	64
<i>Arroz de mesa bajo secano</i>	65
La selección recurrente y el mejoramiento poblacional del arroz	65
Mejoramiento de arroz híbrido	67
<i>Definiciones</i>	68
<i>Arroz híbrido</i>	68
<i>Heterosis</i>	68
<i>Heterosis media parental</i>	68
<i>Heterobeltiosis</i>	68
<i>Heterosis estándar</i>	68
<i>Obtención de arroz híbrido</i>	68
<i>Germoplasma y metodología utilizada</i>	69
<i>Resultados obtenidos</i>	69
<i>Conclusiones</i>	70
Arroces para otros usos	70
Capítulo VII. Aplicación de la Biotecnología en el Mejoramiento	
del Arroz	72
Cultivo de anteras	73
Variación somaclonal	74
Marcadores moleculares	76

Perspectivas	78
Capítulo VIII. Preparación de Suelos y Sistemas de Siembra	81
Métodos de preparación de suelos	81
Preparación de suelos en seco	81
Preparación de suelos en fangueo o batido	81
Cero labranza	82
Mínima labranza o «siembra directa»	85
Métodos de siembra	85
Métodos de siembra durante el período de lluvias	85
Métodos de siembra durante el período seco	86
Capítulo IX. Nutrición y Fertilización en Arroz	89
Generalidades	88
Nutrición mineral	89
Nitrógeno	89
<i>Volatilización del amoníaco</i>	90
<i>Denitrificación</i>	90
<i>Épocas de aplicación de fertilizantes nitrogenados</i>	91
Fósforo	92
Potasio	92
Azufre	93
Micronutrientes	94
Zinc	94
<i>Desórdenes nutricionales asociados con hierro</i>	95
<i>Deficiencia y toxicidad causada por hierro</i>	96
Boro	97
Cobre	97
Suelos sulfatoácidos	97
Prácticas de fertilización	98
Experiencias de agricultores	99
Capítulo X. Manejo de Maleza en Arrozales	103
Generalidades	103
Grupos y especies nocivas frecuentes en arroz	104
Monocotiledóneas	105
Gramíneas	105
Paja rugosa (<i>Ischaemun rugosum</i>)	105
Paja americana (<i>Echinochloa colonum</i>)	106
Luziola (<i>Luziola subintegra</i> y <i>Luziola pittieri</i>)	107
Arroz rojo o negro (<i>Oryza sativa</i> L.)	107
Cola de zorro (<i>Leptochloa virgata</i>)	108
Ciperáceas	109
Corocillo (<i>Cyperus iria</i>)	109
Pelo de indio (<i>Fimbristylis littoralis</i>)	109
Coquito amarillo (<i>Cyperus esculentus</i>)	109
Pontederiáceas	109
Lochita (<i>Heteranthera reniformis</i>)	109
Patico de agua (<i>Heteranthera limosa</i>)	110

Dicotiledóneas	110
Incidencia de maleza en las zonas arroceras	110
Manejo integrado de la maleza	111
<i>Purificación de campos y limpieza de canales y muros</i>	111
<i>Limpieza de maquinarias y equipos</i>	112
<i>Uso de semillas certificadas</i>	112
<i>Adecuación de tierras para efectos de riego</i>	112
<i>Buen manejo de las aguas de riego y adecuada preparación</i> <i>de tierras</i>	112
Control químico	112
<i>Diagnóstico de la maleza</i>	113
<i>Selectividad del herbicida</i>	113
<i>Épocas de aplicación de herbicidas</i>	114
<i>Herbicidas preemergentes</i>	115
<i>Herbicidas postemergentes</i>	115
<i>Herbicidas postemergentes para el control de gramíneas</i>	116
<i>Herbicidas postemergentes para el control de malezas ciperáceas,</i> <i>de hoja ancha, incluidas las acuáticas</i>	116
<i>Mezcla de herbicidas pre y postemergentes</i>	118
<i>Mezcla de Propanil® con hormonales</i>	118
<i>Mezcla de Propanil®, preemergentes y hormonales</i>	118
<i>Otros herbicidas postemergentes</i>	118
<i>Mezcla de herbicidas</i>	119
<i>Control de malezas en muros y canales</i>	119
<i>Resistencia de malezas a herbicidas</i>	119
Capítulo XI. Enfermedades y su Manejo	121
Introducción	121
Principales enfermedades	122
Piricularia	122
<i>Síntomas</i>	122
<i>Epidemiología</i>	123
<i>Manejo</i>	124
Añublo de la vaina	124
<i>Síntomas</i>	124
<i>Epidemiología</i>	125
<i>Manejo</i>	126
Hoja blanca	126
<i>Síntomas</i>	127
<i>Epidemiología</i>	128
<i>Manejo</i>	128
Manchado del grano	128
<i>Síntomas</i>	128
<i>Epidemiología</i>	129
<i>Manejo</i>	129
Enfermedades de menor importancia	129
Helmintosporiosis	129

Síntomas	130
Epidemiología	130
Pudrición de la vaina	131
Síntomas	131
Epidemiología	132
Escaldado de la hoja	132
Síntomas	132
Epidemiología	133
Pudrición negra de la vaina	133
Síntomas	134
Epidemiología	134
Pudrición del tallo	134
Síntomas	134
Epidemiología	134
Falso carbón	135
Síntomas	135
Mancha ojival	136
Síntomas	136
Epidemiología	136
Cercosporiosis	136
Síntomas	136
Epidemiología	137
Alternariosis	137
Síntomas	137
Epidemiología	137
Capítulo XII. Manejo de Plagas. Insectos	138
Plagas principales	138
Gusano barredor. (<i>Spodoptera frugiperda</i> Smith)	
(Lepidóptera: <i>Noctuidae</i>)	138
Descripción	138
Daños	139
Manejo de la plaga	139
Medidas culturales	140
Medidas de manejo biológico	140
Umbral económico de la plaga	140
Medidas de control químico	140
Sogata. <i>Tagosodes orizicolus</i> , Muir (Homóptera: <i>Delphacidae</i>)	140
Descripción	140
Daños	141
Manejo de la plaga	141
Variedades resistentes	141
Medidas culturales	142
Umbral económico de la plaga	142
Medidas de control biológico	142
Medidas de control químico	142
Chinche vaneador del grano de arroz. <i>Oebalus insularis</i>	
y <i>Oebalus ypsilon-griseus</i> (Hemíptera: <i>Pentatomidae</i>)	142

<i>Descripción</i>	142
<i>Daños</i>	143
<i>Manejo de la plaga</i>	143
<i>Medidas culturales</i>	143
<i>Umbral económico de la plaga</i>	143
<i>Medidas de control químico</i>	144
Gorgojo acuático del arroz. <i>Lissorhoptrus</i> spp. (Coleóptera: Curculionidae)	144
<i>Descripción</i>	144
<i>Daños</i>	144
<i>Manejo de la plaga</i>	145
<i>Medidas culturales</i>	145
<i>Evaluación de la plaga</i>	145
<i>Medidas de ccontrol químico</i>	145
Plagas secundarias	145
Chinche marrón. <i>Tibraca</i> spp. (Hemíptera: Pentatomidae)	145
<i>Descripción</i>	145
<i>Daños</i>	145
<i>Manejo de la plaga</i>	146
<i>Umbral económico de la plaga</i>	146
Taladrador de la caña de azúcar. <i>Diatraea saccharalis</i> F. (Lepidóptera: Pyralidae: Crambidae)	146
<i>Descripción</i>	146
<i>Daños</i>	146
<i>Manejo del insecto</i>	146
<i>Medidas de manejo biológico</i>	146
<i>Medidas de manejo cultural</i>	146
<i>Evaluación de la plaga</i>	147
<i>Medidas de control químico</i>	147
Novia del arroz. <i>Rupella albinella</i> , Cramer (Lepidóptera: Pyralidae= Crambidae)	147
<i>Descripción</i>	147
<i>Daños</i>	147
<i>Manejo de la plaga</i>	147
<i>Medidas culturales</i>	147
<i>Medidas de control físico</i>	147
<i>Umbral económico de la plaga</i>	148
Otras plagas	148
Mosca hidrelia. <i>Hydrellia</i> sp. (Díptera: Ephydriidae)	148
Gusano medidor. <i>Mocis</i> spp. (Lepidóptera: Noctuidae)	148
Pulga saltona. <i>Epitrix</i> sp. (Coleóptera: Chrysomelidae)	148
Enrollador de la hoja. <i>Panoquina</i> sp. (Lepidóptera: Hesperidae)	149
Chinche de la raíz. <i>Blissus leucopterus</i> (Hemíptera: Lygaeidae)	149
Saltamontes del arroz. <i>Caulopsis</i> sp. (Orthóptera: Tettigidae) <i>Conocephalus</i> sp. (Orthóptera: Tettigoniidae)	149
El coco jui-juao. <i>Dyscinetus</i> sp. y <i>Euethiola bidentata</i> (Coleóptera: Scarabaeidae)	149

El trips del arroz. <i>Stenchaetothrips biformis</i> (Bagnall)	
(Thysanóptera: <i>Thripidae</i>)	150
Gusano de estuche. <i>Nymphula depunctalis</i>	
(Lepidóptera: <i>Pyalidae</i>)	150
Loritos verdes. <i>Draculacephala</i> sp. y <i>Hortensia</i> sp.	
(Homóptera: <i>Cycadellidae</i>)	150
Enrollador de la hoja. <i>Syngamia</i> sp. (Lepidóptera: <i>Pyalidae</i>).	
Actualmente clasificado como <i>Salbia</i>	151
Gusano pelador de los pastos. <i>Mocis repanda</i>	
(Lepidóptera: <i>Noctuidae</i>)	151
Enrollador de las hojas. <i>Panoquina silvicola</i>	
(Lepidóptera: <i>Hesperidae</i>)	151
Ácaros	151
<i>Schizotetranychus orizae</i> y <i>Tetranychus</i> sp.	
(Acariforme: <i>Tetranychidae</i>)	151
Moscas de la semilla. <i>Oedenops</i> spp. y <i>Notiphila</i> spp.	
(Díptera: <i>Ephydriidae</i>)	152
Evaluación de plagas en el campo	152
Capítulo XIII. Manejo de Plagas. Vertebrados	153
Roedores	153
Abundancia y diversidad	153
Definición de plaga	153
Características generales de los roedores	154
Especies de importancia económica	154
Hábito alimentario	158
Naturaleza y amplitud del daño	161
Estimación de poblaciones	162
Medidas directas	162
Medidas indirectas	162
Trampeos por extracción. determinación del éxito de captura	162
Trampeos sin extracción. captura, marcado y recaptura	163
Evaluación de la actividad en campo	163
Métodos de control	164
Control biológico	164
Acción de enfermedades causadas por virus y bacterias	
o por parásitos. Acción de depredadores, cacería	
o modificación del hábitat.	164
Parásitos	164
Depredadores	164
Lechuza de campanario	165
Métodos culturales	166
Cacería. Modificación del hábitat. Eliminación de refugios.	
Creación de cobertura artificial. Postes paradero	166
Control químico	167
Utilización de anticoagulantes	167
Control físico	167

<i>Trampas, barreras, ultrasonido</i>	167
<i>Control integrado</i>	167
Aves	167
Naturaleza y amplitud del daño	170
Manejo de aves en arroz	171
<i>Familia Fringillidae e Icteridae. Arrocero americano,</i> <i>turpial de agua, tordo arrocero y torditos</i>	171
<i>Familia Anatidae. Yaguaso cariblanco, güiriri y tejé</i>	172
Capítulo XIV. Producción y Certificación de Semillas de Arroz	173
Certificación de semillas	173
Cultivares elegibles	174
Clases de semilla	174
<i>Semilla genética</i>	174
<i>Semilla fundación o básica</i>	174
<i>Semilla registrada</i>	174
<i>Semilla certificada</i>	174
<i>Semilla fiscalizada</i>	175
Fundamentos legales para la producción de semilla certificada de arroz	175
<i>Requisitos para la producción</i>	175
<i>Registro del productor</i>	175
<i>Registro del representante técnico</i>	176
<i>Atribuciones del representante técnico</i>	176
<i>Inscripción de campos de multiplicación</i>	177
<i>Requisitos específicos de la plantación</i>	177
<i>Requisitos específicos de la semilla</i>	178
<i>Inspección de campo</i>	178
<i>Inspector de campo</i>	180
<i>Frecuencia de las inspecciones</i>	180
<i>Procedimiento para inspecciones</i>	180
Cosecha y procesamiento de la semilla	182
<i>Proceso de la semilla en planta de beneficio</i>	182
<i>Prelimpieza</i>	182
<i>Secado</i>	182
<i>Limpieza y clasificación</i>	183
<i>Tratamiento y ensacado</i>	183
<i>Almacenamiento de la semilla de arroz</i>	183
<i>Control de plagas. Muestreo oficial y etiquetado</i>	184
<i>Muestreo oficial</i>	184
<i>Análisis</i>	184
<i>Supervisión a la planta de beneficio</i>	184
Capítulo XV. Costos de Producción	185
Bibliografía	189

PRÓLOGO

El arroz es vida para las mayores poblaciones del mundo y está profundamente relacionado con el patrimonio cultural de numerosas sociedades. Es el alimento básico de más de la mitad de la población mundial. Sólo en Asia, más de 2.000 millones de personas obtienen del arroz y sus productos del 60 al 70 por ciento de su consumo calórico. Es la fuente alimentaria de África con un crecimiento más rápido, y es de vital importancia para la seguridad alimentaria y el cada vez mayor número de países que disponen de rentas bajas y con déficit alimentario.

Año Internacional del Arroz (FAO, 2004)*

La dependencia agroalimentaria de nuestro país y el compromiso con el desarrollo sostenible del sector agrícola para garantizar alimentos en cantidad y calidad suficientes a nuestra población, nos obliga a todos los actores a asumir las responsabilidades que permitan enfrentar este reto.

La ley de creación del INIA contempla como objetivos generales la generación de conocimientos, validación de tecnologías, prestación de servicios, capacitación técnica y educación. Para ello se requiere de una plataforma tecnológica eficiente en comunicación, difusión y producción de materiales escritos y electrónicos, que garantice la apropiación del conocimiento por parte de productores: grandes, medianos y pequeños, empresas de servicios, organismos financieros y de planificación agrícola, y programas específicos impulsores del desarrollo agrícola sustentable.

En el contexto venezolano, entre 1960 y 2000, la superficie cosechada de arroz se ha incrementado y los rendimientos se han triplicado sostenidamente en el tiempo. Disponemos, como se demuestra claramente en esta primera edición de la recién creada serie Manuales de Cultivo del INIA, toda la tecnología y los conocimientos necesarios para convertirnos en un país exportador neto. La investigación agrícola nacional, a lo largo de 60 años, ha rendido sus frutos en el caso del arroz. Esta fortaleza, sin duda, apunta en la dirección de la transformación agrícola que requiere Venezuela para lograr sus metas de desarrollo agroalimentario y sustentable en el mediano plazo.

La potencialidad de expansión del cultivo en una considerable extensión de tierras, agrega mayores probabilidades para mejorar la ingesta calórica de gran parte de nuestra población, especialmente la de menos

Tomado de: <http://www.fao.org/rice2004/es/rice-us.htm>

recursos, dada la relación costo-beneficio implícita en el sistema de producción del cultivo e impulsar su expansión. Ante estas reales ventajas comparativas y competitivas, es prioritaria su consideración en la política de desarrollo para el sector arrocerero.

Sin embargo, es necesario reconocer que aparejado con estas ventajas, deben potenciarse y habilitarse otros elementos no menos esenciales para el éxito de esta política deseable:

- Mejorar la eficiencia del riego, en tanto que sólo utilizamos entre 20 y 25% de la capacidad instalada en el país, al mismo tiempo que ampliar dicha capacidad en el mediano plazo.
- Acometer obras de saneamiento y agroservicios de muchas áreas agroecológicas con algunas limitaciones.
- Afinar los sistemas de producción arroceros de pequeñas fincas, utilizando las alternativas tecnológicas y sistemas de saneamiento y mecanización exitosos en muchas partes del mundo.
- Fortalecer el financiamiento suficiente y oportuno en un amplio programa participativo que asegure los vínculos de los tecnólogos y los científicos con los productores.
- Propender a una política integral que eduque a la población y la haga consciente de las ventajas del consumo de arroz, en comparación con otras fuentes calóricas, que además de ineficientes, son importadas.
- Fortalecer las acciones de transferencia y capacitación sistemática y eficiente hacia los diversos actores de la cadena agroalimentaria de arroz.

Sobre esta base, es necesario continuar con un amplio programa de investigación que profundice el manejo integral del cultivo, tanto en sus factores bióticos y abióticos, asegurando la provisión tecnológica adaptada y validada a las condiciones cambiantes del agro venezolano.

Las altas autoridades del INIA, con gran orgullo, desean hacer un reconocimiento especial al grupo interdisciplinario de investigadores y técnicos que ha generado la base científica y tecnológica para esta publicación. Sin la continuidad y sinergia practicada en los últimos años, especialmente en los centros de investigación de Portuguesa y Guárico, no hubiera sido posible su materialización.

Este desempeño, al igual que el de otros grupos y equipos en áreas de similar importancia estratégica y operativa, debe ser asumido como ejemplo digno de imitar por toda la comunidad INIA.

Prudencio Chacón
Presidente

El Cultivo del Arroz en Venezuela



Introducción

El Cultivo del Arroz en Venezuela

El arroz es el cereal de mayor importancia en el mundo por múltiples razones: es el cultivo que ocupa una alta proporción de superficie total de siembra; por el número de personas que económicamente dependen de su cultivo, procesamiento y mercadeo, y adicionalmente por la proporción que representa en la alimentación humana, si se compara con el trigo y el maíz. Para ilustrar la importancia de este cultivo en la alimentación mundial, la FAO (2004) señala que en 2003 se produjeron 589 millones de *t* en todo el mundo, en comparación con 161 millones en 1948-1950. De la producción actual, casi 200 millones se cosecharon en China e India y otra cantidad igual en el resto de países asiáticos. En Colombia la producción alcanzó 2.5 millones de *t* y en Venezuela, se estimó en 700.000 *t*. El área anual cosechada en arroz alcanzó, en 2003, 153 millones de ha, comparado con 101 millones en el promedio 1948-1950.

Si bien es cierto que la superficie ocupada por el trigo en el mundo es superior a la del arroz, también es válido apuntar que la potencialidad alimenticia de este último es superior a la del trigo; hecho que se corrobora al comparar, sobre la base de rendimientos promedios, la generación de calorías y la capacidad de sustento a determinado número de personas, por unidad de superficie cultivada. Más de dos mil millones de personas en todo el mundo comparten una cultura alimentaria y productiva que tiene como base al arroz.

En Asia, principalmente en India y China, se ubica la mayor superficie de arroz sembrada en el mundo, superando 90% de la extensión global del cultivo. El arroz conserva relevante importancia en África, Europa y América, aunque con valores variables en rendimiento unitario (kg/ha) y consumo humano (kg/persona).

América Latina mantiene aproximadamente 5% de la superficie mundial de arroz. Brasil, Colombia, Perú y Venezuela presentan la mayor superficie cultivada. En términos de rendimiento unitario en Latinoamérica, Colombia, Perú, Venezuela y Uruguay mantienen primeras posiciones, mientras que en Brasil son más bajos, dada la extensa superficie sembrada en condiciones de secano. No obstante, los valores actuales de consumo per cápita en nuestro país, son bastante bajos (entre 15 y 20 kg/persona/año) mientras que en Colombia se sitúa en 57 kg/persona/año. En realidad, la tendencia del consumo humano de arroz en Venezuela se ha mantenido con muchos altibajos a través del tiempo, pero en los últimos 40 años ha declinado progresivamente, al ser sustituido por el trigo procesado en pan y pasta (Montilla 1999).

El arroz como el cereal ideal para el trópico

En las zonas templadas, los cultivos de ciclo corto se producen con alta eficiencia durante un intervalo relativamente breve, de cuatro a cinco meses, cuando la energía radiante que reciben es muy intensa. En las zonas tropicales, por el contrario, la incidencia de energía radiante es continua a lo largo de todo el año, por lo que el potencial productivo en estas regiones es muy superior a las de clima estacional. Por ello, los cultivos de ciclo intermedio y los permanentes muestran mayor eficiencia en las regiones tropicales, entre ellos el arroz (Montilla 1999). Por otra parte, la eficiencia económica de este cereal, en términos de la provisión de calorías para la ingesta en la dieta humana, es tres veces superior al trigo. En otras palabras, igual cantidad de calorías tienen un costo tres veces menor si se usa arroz como fuente energética, en comparación con el trigo (pan o pastas).

Potencialidad del cultivo en Venezuela

En el país se han reconocido como aptas para la producción de arroz cerca de 3,7 millones de ha, ubicadas fundamentalmente en los estados Guárico, Portuguesa, Barinas, Cojedes y Apure, en tanto que las zonas moderadamente aptas alcanzan una cifra cercana a 4,8 millones de ha, localizadas principalmente en Barinas y Apure (Comerma *et al.*, citado por Montilla 1999). Estas cifras demuestran la gran potencialidad del cultivo en el país, a lo que debe agregarse que las zonas para expansión potencial no tienen competencia con otros tipos de usos, y se ubican en su mayor parte alrededor de los centros de producción existentes.

Productividad creciente del cultivo

En las tres últimas décadas, concretamente a partir de los años 70, ha sido significativo el esfuerzo realizado en el mundo con miras al mejoramiento de la productividad del arroz. En tal sentido, el acervo tecnológico acumulado y desarrollado en este tiempo, incluido el uso de cultivares de alto rendimiento, como producto del continuo trabajo ejecutado en numerosos centros de investigación, ha permitido un incremento sustancial de los niveles de productividad del arroz en diversos países. En Venezuela, particularmente a partir de 1988, la dedicación conjunta de organismos oficiales y de la empresa privada, ha conformado un elemento fundamental de apoyo en la búsqueda y consecución de mejores alternativas de producción arroceras desde el punto de vista técnico.

Por diversas razones, Latinoamérica posee la potencialidad para lograr mayores incrementos de superficie y productividad en arroz; situación que se mantiene en expectativa, dada la necesidad de conciliar políticas oficiales asertivas para el sector y la consecución de mejores perspectivas de competitividad. En torno a este último aspecto gravitan factores de variada naturaleza que los estudios económicos abordan desde diversos puntos de vista. Pero, en todo caso, los parámetros considerados giran alrededor de las necesidades de incrementar el rendimiento unitario y la disminución de costos de producción, ampliando así la posibilidad de acceso a un alimento económico de calidad, que alivie el hambre y la pobreza rural.



Capítulo I

Clasificación y Origen del Cultivo

Clasificación taxonómica

Clase: *Monocotiledóneas*

Origen: *Glumiflorales*

Familia: *Poaceas*

Subfamilia: *Panicoides*

Tribu: *Oriceas*

Genero: *Oryza*

Especie: *Sativa L.*

Grupos (razas ecogeográficas): *Indica, Japonica, Javanica*

Origen

Se ubica en el continente asiático, principalmente al sur de India, donde probablemente comenzó a cultivarse aproximadamente hace 10.000 años. De allí se extendió a China, donde se inicia el desarrollo de su proceso de cultivo; posteriormente se estableció en Corea y Japón (De Datta 1986). Sobre su introducción en Occidente, se presume la lleva a cabo Cristóbal Colón en su segundo viaje (1493), pero no existe mayor exactitud sobre esta versión (González 1985).

En el género *Oryza* se ubican diversas especies, pero la de mayor extensión de cultivo e importancia económica en el mundo corresponde a *Oryza sativa L.*; dentro esta especie se reconocen, a su vez, tres grupos o razas ecogeográficas: ***Indica, Japonica*** y ***Javanica***. Estos grupos mantienen características particulares diferenciadas en cuanto a porte o altura de plantas, coloración del follaje, tipo de macollamiento, tipo de grano, tendencia al desgrane y sensibilidad al fotoperíodo (Pinheiro 1998).

Indica

Los arroces del grupo *Indica* son plantas autóctonas de las regiones húmedas tropicales y subtropicales de Asia. Las variedades del grupo *Indica*, con característico porte alto, denso macollamiento, hojas de color verde claro y grano de mediano a largo son las de mayor arraigo y tradición de siembra en el trópico. En torno a ellas, los trabajos de mejoramiento genético han dado lugar a la producción de variedades de porte bajo, con excelente capacidad de macollamiento y altos rendimientos similares a los del grupo *Japonica*.

Japonica

Los arroces del grupo *Japonica* corresponden a zonas templadas y subtropicales. Con menos altura de planta y menor capacidad de macollamiento, poseen hojas erectas de color verde oscuro, con granos cortos y anchos, siendo insensibles al fotoperíodo. Su alta capacidad de respuesta a la aplicación de nitrógeno es determinante de un mayor rendimiento.

Javanica

Los arroces del tipo *Javanica* se ubican y cultivan particularmente en regiones de Indonesia. Mantienen similitud morfológica con las variedades *Japónicas*. No obstante, sus hojas son más anchas y pubescentes; y observan bajo macollamiento.

Al margen de los esfuerzos realizados con anterioridad en relación con la expansión varietal y de investigación en el cultivo de arroz, a partir de 1951 se acomete, bajo los auspicios de la FAO, un programa internacional de cruzamiento de variedades *Indica* y *Japonica*, cuya ejecución representó un gran avance en cuanto al mejoramiento genético del arroz por vía de la cooperación entre diversos países. La responsabilidad de las respectivas actividades de cruzamiento y evaluación inicial de descendencias recayó en el Central Rice Research Institute (CRRI), en la India, desde donde se distribuyeron materiales en generaciones tempranas para su correspondiente evaluación y posible selección en los diferentes países participantes del programa (De Datta 1986).

Más adelante, con la creación del Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz (IRRI), y del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), se reforzó la acción de trabajo cooperativo en pro del mejoramiento genético del arroz, concretándose una interacción de gran impacto para el avance de los respectivos programas en países arroceros de

América Latina. En los últimos 40 años, el aporte de estos centros de investigación agrícola internacionales, trabajando en conjunto con los programas de investigación nacionales de los distintos países productores, han permitido expandir significativamente la superficie sembrada, la productividad por hectárea, el conocimiento sobre los factores bióticos y abióticos que afectan el proceso productivo y las perspectivas de mejorar los sistemas de siembra y cultivo en las diversas regiones agroecológicas y socioeconómicas en los países en desarrollo.



Capítulo II

Zonas y Sistemas de Producción en Venezuela

La explotación comercial del arroz en Venezuela se intensifica a partir de 1953 (a través del plan arrocero desarrollado en la colonia agrícola de Turén en el estado Portuguesa), cuando se siembran 32.517 hectáreas, con un volumen de producción total de 41.650 t. Hasta ese entonces, la siembra del arroz se mantuvo dispersa en mayor o menor grado, en las diferentes entidades del territorio nacional.

Actualmente, la producción de arroz se desarrolla en torno a dos grandes zonas: la Región Central, en el estado Guárico; y la Región de los Llanos Occidentales, que incluye principalmente los estados Portuguesa y Cojedes. Con menor aporte a la producción nacional, también participan los estados Barinas y Delta Amacuro.

En estas regiones, con sus variantes y diferencias particulares, la siembra de arroz se realiza durante el ciclo de lluvias y en la época seca (verano), y en términos de superficie total sembrada en el país, aproximadamente 35% corresponde a la Región Central, y cerca de 60% a los llanos occidentales. En valores de producción, el aporte se estima en 38 y 60%, respectivamente.

Región Occidental

En la evolución de sistemas de producción de arroz en los llanos occidentales se destacan tres períodos:

1. Un primer lapso, que convencionalmente se ubica entre 1949 y 1979, donde predomina la producción de arroz de secano típico; alternando durante la época seca, inicialmente con el cultivo de ajonjolí, y más tarde, con el sorgo u otros rubros. Al inicio de este período se incorporaron variedades importadas, de porte alto y buen potencial de producción, entre ellas, Blue-Bonnet 50, la más difundida; pero este esfuerzo no logró superar la productividad del arroz por sobre 1.400 kg/ha, dadas las características

mismas del sistema de trabajo, dependiente totalmente del régimen de lluvias, lo que en buena parte determinó un sensible descenso de la superficie sembrada para el año 1959.

Hacia 1960 y años siguientes, el cultivo recibe un nuevo impulso, y algunas unidades de explotación se vuelcan hacia la adopción del riego, como insumo básico de producción, ya bien por vía de la perforación de pozos o la derivación de fuentes de agua superficial durante la época de lluvias.

Para esta época, pese a que los usuarios del riego no contaban con mayor experiencia en el manejo adecuado de esta práctica, lograron desarrollar un sistema donde, de acuerdo con la mayor o menor extensión de la siembra, mantenían el suministro de agua en el cultivo, manejando de manera complementaria la disponibilidad de los pozos con la precipitación natural del ciclo. En tales circunstancias, comenzaron a adoptarse las prácticas de macronivelación o emparejamiento de tierras y el trazado de curvas de nivel. El incremento constante de la superficie de siembra en este período mantuvo el predominio del sistema de producción de arroz de secano, alternado con otros cultivos.

Dentro del panorama de mejoras señalado, para el año 1969, a la par de incrementarse la superficie sembrada y la producción total, también se produjo un aumento del rendimiento unitario, alcanzando un promedio aproximado a 1.700 kg/ha. En los años 70, se continuó el mejoramiento de la infraestructura de producción de arroz en la región, al mismo tiempo que la incorporación de variedades de porte bajo despertó el interés de los productores en su necesidad de obtener mejores rendimientos por unidad de superficie. Para esta década, el uso de variedades enanas o semienanas, (IR22, CICA 4 y Araure 1) definieron un mejor potencial de rendimiento del cultivo, logrando superar los 3.000 kg/ha para el año 1979.

Al cierre del primer período del análisis considerado, la extensión de arroz sembrada en los llanos occidentales fue superior a 140.000 hectáreas, lo que destaca una posición de alto riesgo, tomando en cuenta que gran proporción de esta superficie correspondía al sistema de secano.

2. Un segundo lapso se ubica entre 1980 y 1988, cuando se consolida el sistema de producción de arroz con riego en los llanos occidentales. Corresponde a un tiempo de transición, cuando ocurre un primer y gran ajuste de los diferentes componentes del sistema de producción de arroz en la región.

Sobre la realidad del riesgo que ofrecía la producción de arroz de secano, a partir de 1980-1981 los organismos de apoyo oficial restringen el financiamiento correspondiente, hecho que para ese momento, pone también en evidencia el bajo porcentaje de unidades de producción con

óptimas disponibilidades de agua para riego. Esta situación crea un primer impacto que conduce a la drástica reducción de superficie del sistema de siembra tradicional. De igual manera, se producen cambios en la recepción del arroz, entrando en vigencia determinados parámetros de calidad para fijar el precio del grano para el productor.

Así mismo, hacia el final del período, se produce una contracción de la superficie sembrada como consecuencia de la baja rentabilidad del cultivo, determinada por la liberación de precios de los insumos de producción; situación que a su vez condujo a la necesidad de importar arroz en 1987.

3. Este período comienza en 1989 y se extiende hasta el momento actual. Es el lapso en el cual se consolida el sistema de producción de arroz-arroz y el productor intensifica su actividad agrícola, con la finalidad de realizar dos cosechas al año. En esta etapa se difunden y aplican mejores equipos de nivelación de tierra, con fines de optimizar la adecuación de fincas. También se incrementa la adopción mayoritaria del fangueo como método de preparación de suelos.

En esta etapa, los aportes tecnológicos del FONAIAP (organismo encargado de la investigación agrícola en ese entonces) en el incremento de la productividad del arroz fueron altamente significativos, especialmente a través de la liberación de variedades mejoradas, especialmente Araure I, Cimarrón, Palmar y FONAIAP I. Estas variedades fueron producidas en los programas de investigación en mejoramiento genético y llegaron a ocupar hasta 90% de la superficie sembrada en el país.

De cualquier forma, el ajuste e inicio de esta etapa planteó en la agricultura regional un reto hacia la búsqueda del mejoramiento de la productividad del arroz; desafío que se mantiene vigente por sobre los avances logrados en áreas puntuales del proceso productivo del cultivo.

En los llanos occidentales los suelos arroceros se ubican en las planicies aluviales de las entidades federales que la conforman. Son de textura franco-arcillosa o arcillosa, con predominio de limo y arcilla, y valores de pH ligeramente ácidos, con tendencia a la alcalinidad. Los valores anuales de precipitación varían entre 1.200 (zonas bajas) y 1.800 mm. (Barinas). Los rangos de temperatura varían entre 23 y 32°C. La fertilidad de los suelos es de mediana a alta.

Región Central

La producción de arroz en esta zona ofrece una evolución diferente a la de los llanos occidentales. El Sistema de Riego Río Guárico fue planificado originalmente y, en su mayor extensión, con fines de fomentar un desarrollo

ganadero en la región. En su inauguración se realizó la siembra de 600 hectáreas de arroz, distribuidas en parcelas estratégicas. A raíz de esta experiencia (1957), el cultivo se extendió con relativo éxito hasta 1965, lapso en el que se sembraron variedades foráneas (Blue-Bonnet 50, Belle patna, Zenith, Rexoro) y locales (Chollet, Llanero 501), materiales todos de porte alto que, en cierta forma, cubrieron buenas expectativas de rendimiento promedio, alcanzando hasta 3.500 kg/ha.

En esta época, la preparación de tierras se efectuaba durante los meses de enero y febrero, en condiciones de suelo seco, situación determinante de la realización de siembras tardías y cosechas coincidentes con el período lluvioso. Por ello, a partir de 1965, se produjo un cambio radical en el sistema de producción de arroz con la adopción del modo de preparación de tierras bajo condiciones de suelo inundado (batido) o fangueo, modalidad que condujo al establecimiento del sistema actual de ciclos consecutivos de siembras.

Características agroecológicas de zonas arroceras

En la Región Central los suelos son de textura muy pesada a pesadas, con predominio de arcilla, y valores de pH entre ácidos y ligeramente ácidos en su horizonte superior. Los valores anuales de precipitación varían entre 800 mm (eje El Sombrero-Valle de la Pascua) y 1.400 mm (área del sistema de riego), concentrados en el período lluvioso mayo-noviembre. Los rangos de temperatura varían entre 25 y 36°C. La fertilidad del suelo es baja.

Los rendimientos unitarios de la zona, en razón de una mejor tecnología de producción y, probablemente, la incidencia de factores climáticos favorables, han mejorado sustancialmente sus niveles en los últimos años. Para el momento actual se estiman valores entre 5.500 y 6.000 kg/ha, de arroz paddy verde, sin descartar extremos de producción superiores a 7.000 kg/ha.

Los rendimientos unitarios en los llanos occidentales, por las razones antes señaladas, también han mejorado su nivel, pero en todo caso mantienen una diferencia apreciable con la Región Central. En este sentido la estimación oscila entre 5.000 y 5.500 kg/ha, de arroz paddy verde.

Producción de arroz en Venezuela

La extensión de siembra y producción total o unitaria del arroz, ha tenido en el país gran fluctuación a lo largo de su historia. En el Cuadro II-1 se muestra la superficie, producción y rendimiento de arroz en Venezuela en el período 1988-2003. Estos años reflejan las circunstancias

anteriormente señaladas, en relación con la evolución del proceso productivo del cultivo en el país. Estas cifras, de manera general, muestran los altibajos de los valores considerados, particularmente del área de siembra y la producción total cosechada. Las cifras referentes a los años 2000-2003 constituyen estimaciones aproximadas de la FAO.

En relación con el rendimiento unitario del arroz (kg/ha) se observa un incremento interanual sostenido, hecho que se fundamenta en dos elementos esenciales: el componente genético (uso de mejores cultivares) y el componente de manejo integrado de cultivo, aplicado por los productores.

La adopción de un manejo agronómico adecuado del arroz, incluido el empleo de los umbrales económicos, a la par de determinar la obtención de mejores expresiones de rendimiento, ha permitido reducir el uso desmedido de insumos de producción, sobre todo en lo que respecta a la aplicación de agroquímicos.

En el Cuadro II-2 se indica la superficie sembrada de arroz, por localidad y por ciclo de siembra, para el año 1999. En los años siguientes al estudio reporte, la superficie sembrada mantuvo una tendencia regresiva dentro de su variación. Esta contracción, por razones de diversa índole, se acentuó hacia los años 2000-2001, sobre todo en la Región Central. En esta zona, para el denominado ciclo norte-verano 2001-2002, la restricción de siembra alcanzó valores porcentuales elevados con respecto a la superficie promedio de ciclos anteriores, como consecuencia de la disminución de la capacidad de suministro de agua del sistema de riego.

Cuadro II-1. Superficie, producción y rendimiento de arroz en Venezuela durante el período 1988-2003.

Año	Producción (t)	Superficie (ha)	Rendimiento (t/ha)
1988	383.270	116.531	3,2
1989	425.600	110.000	3,8
1990	495.000	123.750	4,0
1991	665.000	152.838	4,4
1992	610.000	150.350	4,2
1993	592.250	141.700	4,2
1994	604.680	138.800	4,4
1995	641.244	147.000	4,4
1996	740.650	163.000	4,5
1997	792.239	172.952	4,6
1998	716.000	151.875	5,2
1999	720.193	148.971	5,2
2000*	676.775	138.202	4,9
2001*	787.119	154.203	5,1
2002*	668.164	134.294	4,9
2003*	700.611	134.707	5,2

Fuentes: Ministerio de Producción y Comercio.

Asociación de Productores de Semilla Certificada de los Llanos Occidentales, APROSCELLO, 1997.

* Según cifras y estimaciones de la FAO (2004).

Cuadro II-2. Distribución del Área Sembrada (ha) de Arroz en Venezuela durante 1999.

Estado	Verano	Invierno	Total
Guárico	38.100	23.420	61.520
Portuguesa	27.000	41.950	68.950
Cojedes	-	16.000	16.000
Barinas	-	2.500	2.500
Total	65.100	83.870	148.970

Fuente: Ministerio de Producción y Comercio.



Capítulo III

Morfología y Etapas de Crecimiento y Desarrollo

Morfología del cultivo

La planta de arroz es una hierba anual con tallos redondos, huecos y finamente estriados, con hojas bastantes planas, de tipo lineal y una panícula terminal. Está adaptada para crecer en suelos inundados, pero puede hacerlo también en suelos no anegados.

Las partes de una planta de arroz se identifican de la manera siguiente:

- Órganos vegetativos: raíces, tallos, hojas.
- Órganos florales: panícula terminal.

Raíces

El sistema radical del arroz es de naturaleza fibrosa y comprende dos tipos de raíces (Figura III-1):

1. Las **raíces seminales**, primarias o temporales, de escasa ramificación, que sobreviven muy poco tiempo después de la germinación.

2. Las **raíces adventicias**, secundarias o permanentes, que se forman a partir de los nudos inferiores del tallo joven. En un principio estas raíces adquieren una coloración blanquecina, son relativamente gruesas y escasamente ramificadas, posteriormente se alargan y pasan a conformar el anclaje definitivo de la planta al ramificarse en forma abundante.



Figura III-1. Desarrollo de raíces primarias y secundarias.

El desarrollo del sistema radical puede sufrir variaciones en función de las condiciones del medio del cultivo, siendo particularmente afectado por los niveles de fertilización nitrogenada, a la vez que se muestra muy susceptible a la concentración de aluminio en la solución del suelo.

En condiciones de inundación permanente, la cubierta exterior de las raíces se torna amarillo rojiza, como consecuencia del proceso químico de oxidación que ocurre en esta superficie. En condiciones de aireación, las raíces conservan su coloración blanca.

Tallo

El tallo de una planta de arroz, en sus inicios, es una estructura muy corta (mucho menos de 1 cm) y subterránea (Figura III-2-A). En esta corta estructura están bien diferenciados los nudos, en secuencia alterna con los entrenudos que más tarde se alargan. A partir de los nudos basales del tallo principal se desarrollan los **hijos primarios** y, en esta secuencia a su vez, emergen los vástagos secundarios y terciarios.

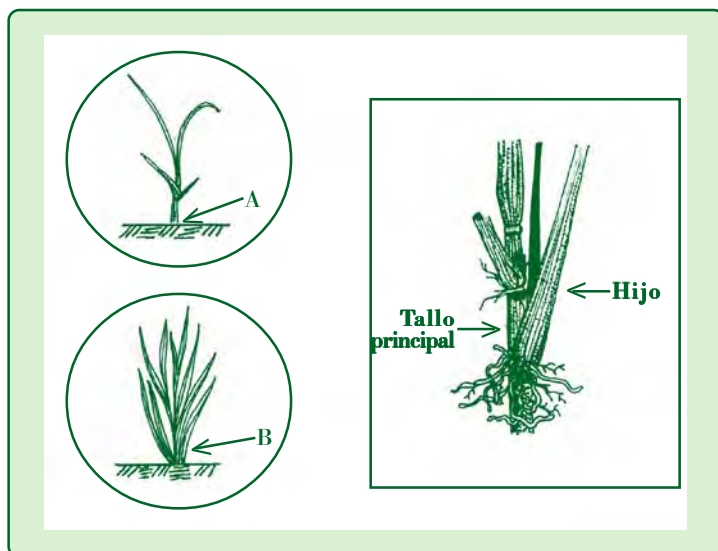


Figura III-2. Desarrollo del tallo.

El arroz trasplantado con buen espacio de expansión, desarrolla abundante número de hijos primarios, secundarios y terciarios; es decir, tiene un excelente macollamiento. Por el contrario, en siembras comerciales de alta densidad, la producción de hijos se limita a dos o tres por planta.

Entre los 50 y 55 días, el tallo deja de ser subterráneo, al iniciar su proceso de alargamiento (Figura III-2-B), para convertirse en una estructura hueca y cilíndrica, donde los entrenudos basales se conservan muy cortos y los superiores se alargan por sobre los 10 o 15 centímetros.

Hojas

Las hojas se disponen en secuencia alterna a lo largo del tallo. La cantidad total en una planta adulta es una característica varietal. En el máximo desarrollo del estado de plántula el arroz muestra seis hojas, de las cuales tres están completamente formadas, dos en proceso de crecimiento y una muerta. La planta manifiesta una renovación sucesiva de hojas, desde la aparición de la primera y a lo largo del ciclo de vida. Por lo

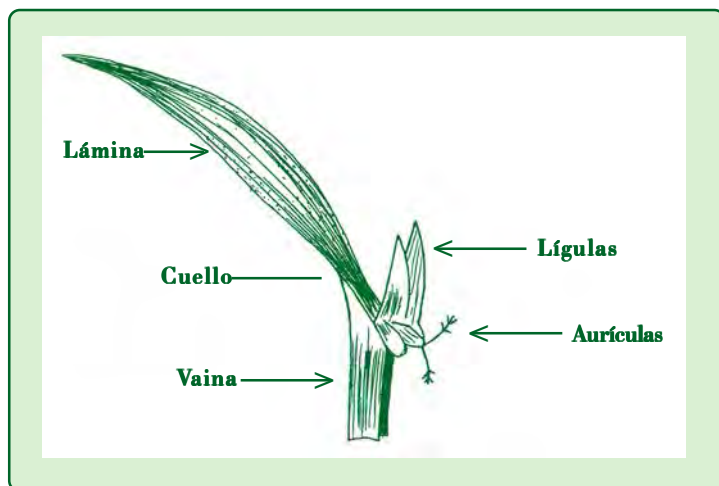


Figura III-3. Estructura de la hoja.

general, cada hoja tiene corta duración y, al final, sólo un número reducido de ellas se observan en el tallo. La hoja más alta, por debajo de la panícula, se conoce como **hoja bandera o panicular**.

Especial interés tienen las dos hojas superiores de la planta, ya que ellas son responsables de la formación de un alto porcentaje de los elementos que van a formar el grano.

Una hoja adulta está formada por **vaina** y **lámina**, que se unen en un punto intermedio llamado **cuello**. En el cuello se distinguen dos formaciones muy típicas en arroz, que son la **lígula** y las **aurículas**. En estado de plantas jóvenes estas formaciones permiten diferenciar al arroz de las malezas comunes, ya que en estas estructuras están ausentes o son diferentes (Figura III-3).

Flores

Las flores del arroz se agrupan en una estructura ramificada (inflorescencia) denominada **panícula** (comúnmente, mal llamada espiga) que emerge del último nudo del tallo, llamado **nudo ciliar**. La panícula consta de un eje principal, cuya parte superior corresponde al **raquis** y la inferior al **pedúnculo o cuello**, el cual se encuentra más o menos cubierto por la hoja bandera. Sobre el raquis se forman ramificaciones (primarias, secundarias y hasta terciarias), que finalmente rematan en el **pedicelo** (ramificación terminal) y sobre éste se desarrollan las **espiguillas**, en cuyo interior se encuentran las flores propiamente dichas (Figura III-4). Las flores comprenden seis estambres y un pistilo donde se distinguen el ovario, estilo y estigma.

La espiguilla la conforman tres estratos de piezas florales, de los cuales el más importante es el de las glumas fértiles, denominadas **lemma** y **pálea**; estructuras que en definitiva van a conformar la cáscara del grano.

Después de la apertura de las espiguillas o un poco antes, ocurre la polinización, de inmediato se cierran nuevamente para comenzar la formación del grano. A diferencia del maíz, las flores del arroz tienen los dos sexos en la misma flor.

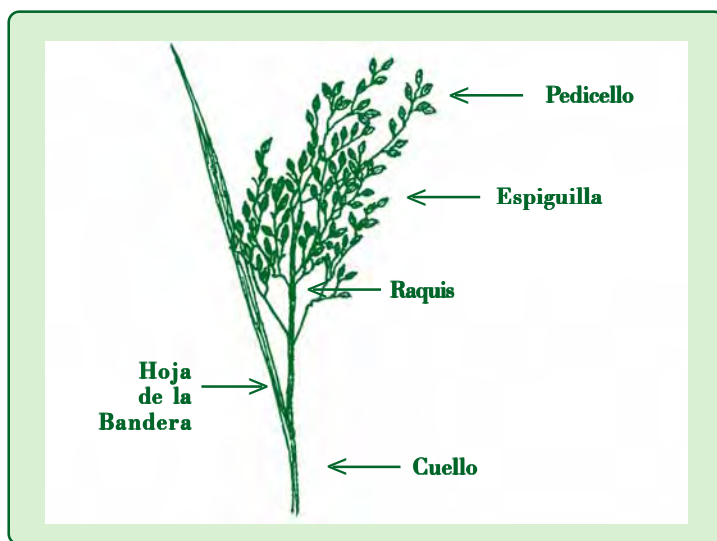


Figura III-4. Estructura de la panícula del arroz.

Grano

La observación del grano de arroz nos lo presenta con una cáscara color crema envolviendo la parte comestible o **endosperma**, color blanco. El endosperma se encuentra rodeado de una cubierta muy delgada o **pericarpio**, también de color crema o marrón claro. La fuerte adhesión del pericarpio con el endosperma permite ubicar el fruto o grano de arroz como un carióspside.

El llamado arroz rojo, considerado una maleza muy perjudicial para el arroz comercial, debe su nombre al color rojizo del pericarpio. Dado que antes de descascarar el arroz no es posible detectar la presencia de arroz rojo, es conveniente alertar sobre la necesidad de sembrar semilla certificada para evitar la contaminación de campos de cultivos.

Bien adosado al endosperma, en su parte ventral, se encuentra el **embrión**, donde se identifican la **plúmula** (hojas embrionarias), la **radícula** (raíz embrionaria) y el **mesocótilo** (precursor del tallo), muy corto, que une las dos partes antes mencionadas (Figura III-5).

Todas estas estructuras embrionarias tienen como fuente primaria de sustento nutricional, el contenido del endosperma. En los estadios primarios del desarrollo, las raíces y hojas embrionarias se encuentran envueltas por la **coleoriza** y el **coleóptilo**, respectivamente; estructuras que emergen durante la germinación.

En el procesamiento del grano de arroz se efectúa el descascarado y la eliminación de la película pericárpica, junto con el embrión, para dar lugar a la separación del endosperma o **arroz pulido**, comercial. El grano de arroz descascarado (no pulido) es conocido como **arroz integral** o **arroz cargo**.

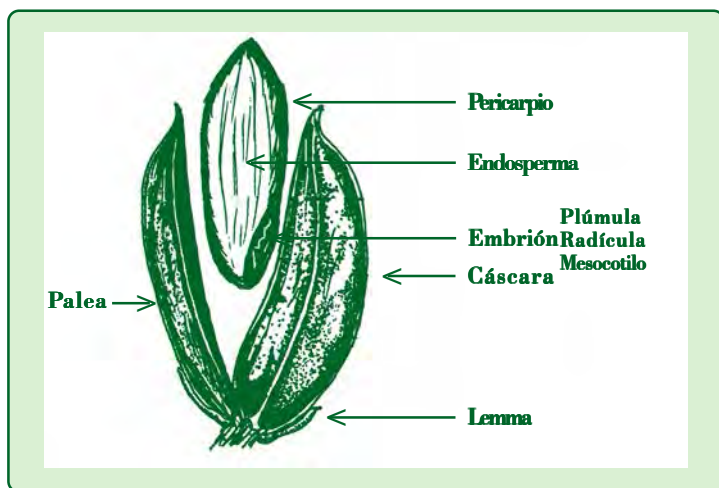


Figura III-5. Estructura del grano.

Calidad del grano

En términos generales, el endosperma del grano está conformado por almidón, en su mayor proporción; con inclusión de pequeños componentes proteicos y otros elementos misceláneos (azúcar, grasas, etc.).

En el componente almidonoso se identifican la **amilosa** y la **amilopectina**, y es la proporción de ambas en el endosperma, o la alteración que puedan sufrir los componentes del grano durante su formación, lo que va a determinar la **calidad de grano**; parámetro en el que se consideran básicamente la **calidad culinaria** y la **calidad molinera**.

La apreciación de estos conceptos influye en el precio del arroz para el productor o en el grado de aceptación, por parte del consumidor.

La calidad culinaria hace referencia a la tendencia del grano de arroz para aglutinarse o mantenerse suelto después de la cocción. Se asocia a un carácter varietal, donde el contenido de amilosa puede ser bajo (8 a 22%), intermedio (20 a 27%) o alto (más de 27%).

El contenido bajo de amilosa determina arroces pegajosos al cocinarse, y con apariencia brillante. El contenido intermedio da lugar a granos sueltos y secos al cocinarse; que mantienen su textura suave al enfriarse. Alto contenido de amilosa determina en el grano un aspecto suelto y seco al cocinarse, que se torna duro al enfriarse.

La calidad molinera responde a la tendencia del endosperma a mantener mayor o menor proporción de granos enteros después del procesamiento del arroz. En este componente se evalúan la apariencia traslúcida u opaca del grano pulido (**centro blanco**) y la proporción de **grano yesoso**, que con frecuencia se produce como consecuencia de cosechar el arroz en estado inmaduro. Tanto el centro blanco como el grano yesoso dan lugar a una mayor incidencia de granos partidos en el procesamiento.

Al margen del componente varietal hay factores a considerar en apoyo a una mejor calidad molinera. En este sentido se estima que los valores óptimos para la cosecha del grano oscilan entre 20 y 25% de grano partido. Así mismo deben evitarse las cosechas extemporáneas y los descensos bruscos de humedad durante el secado del arroz.

Otros parámetros considerados en la evaluación de calidad son la **longitud de grano** y la **temperatura de gelatinización**, asociada esta última directamente con la calidad culinaria.

Desarrollo del arroz

El desarrollo del cultivo atiende a la evolución o estados de transición sucesivos que ocurren desde la germinación hasta la culminación de la maduración del grano. Esta evolución o ciclo de vida de la planta, da lugar a la existencia de variedades de arroz de ciclo corto (105-120 días), intermedio (130-150 días) o largo (mayor de 150 días).

Fases de desarrollo y crecimiento del arroz

Las variedades de arroz sembradas actualmente en el país tienen un ciclo de vida entre 125 y 130 días, lapso que algunas veces pudiera extenderse por efectos de luminosidad y temperatura del ambiente, principalmente. Durante este período se distinguen tres fases:

1. **Fase vegetativa:** cubre el período desde la germinación de la semilla hasta el momento en que se inicia la formación de la panícula. Su duración en nuestro medio fluctúa alrededor de 60 a 65 días.

2. **Fase reproductiva:** comprende el período entre la iniciación de la panícula y el momento de floración. Su duración aproximada es de 35 días.

3. **Fase de maduración:** período comprendido desde la floración hasta la completa maduración del grano. Su duración es de 30 días.

Las fases reproductiva y de maduración tienen, por lo general, una duración constante. La fase vegetativa la que determina la duración del ciclo de vida de las variedades. En esta primera fase puede ocurrir que el proceso de formación de hijos se prolongue, a la vez que se retarda el inicio de la formación de la panícula. Este hecho da lugar al alargamiento del período vegetativo, situación que determina si las variedades serán de ciclo intermedio o largo. En ellos, la iniciación de la panícula se produce solamente en presencia de días cortos, por lo que se dice que son sensibles al fotoperíodo o fotosensitivas. Las variedades de ciclo corto no muestran susceptibilidad al fotoperíodo. En ellas, los procesos de máxima formación de hijos, el alargamiento del tallo y el inicio de la panícula se manifiestan casi en forma simultánea o en muy rápida secuencia.

Las variedades de arroz sembradas actualmente en Venezuela no son fotosensitivas, pero en situaciones muy particulares pudiera observarse retardos en la iniciación de la panícula; por ejemplo, en siembras realizadas hacia finales del mes de enero o principios de febrero, en vista de que la fase vegetativa, en este caso, transcurre en un lapso donde los días tienden a ser más largos.

El crecimiento del arroz está asociado a las variaciones que, en peso o volumen, experimenta la planta o sus componentes, desde el inicio de su ciclo de vida. En este proceso de cambio la actividad fotosintética tiene papel determinante.

En la Figura III-6 se ilustran las fases de desarrollo de una planta de arroz, relacionándolas con ciertos parámetros que identifican dos expresiones cuantitativas de crecimiento del cultivo, como son la **altura de planta** y el **número de hijos**.

La altura de la planta se mide desde la superficie del suelo hasta el extremo superior de la hoja más alta, cuando todavía se encuentra en fase vegetativa o hasta el extremo terminal de la panícula, cuando se encuentra en fase de maduración. En la etapa inicial de la etapa vegetativa el arroz observa un crecimiento muy lento, el cual se acelera posteriormente hasta la floración, momento en que finaliza el incremento en la altura de planta.

La explotación de variedades de porte bajo, no mayor de un metro, determinó un importante impulso del rendimiento promedio del cultivo a nivel comercial, entre otras razones porque la fortaleza de sus tallos les permite mejor resistencia al volcamiento y al daño mecánico de insectos. Asimismo, la respuesta al nitrógeno de las variedades de poca altura es más eficiente. Las variedades de porte bajo tienen mayor efectividad para acumular materia seca en el grano, determinando una relación grano/paja cercana a la unidad, aspecto relevante para incrementar el rendimiento en arroz.

En relación con el número de hijos, la gráfica señala que a partir de un determinado momento se inicia y acelera el proceso de macollamiento, el cual alcanza su máxima expresión hacia el comienzo de la fase reproductiva. Al final, algunos hijos resultan improductivos y no desarrollan panícula, razón por la que la curva correspondiente declina en la fase final del ciclo de vida.

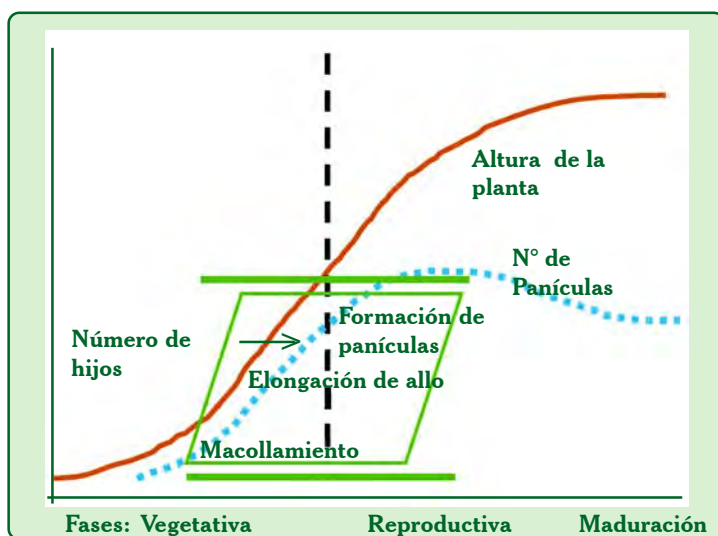


Figura III-6. Fases de desarrollo del arroz.

Otros elementos para medir el crecimiento son el número de hojas, el índice de área foliar y la acumulación de materia seca.

Etapas de desarrollo

Dentro de las tres fases indicadas se presentan cambios que caracterizan e identifican determinadas expresiones morfológicas y fisiológicas inherentes al ciclo de vida de una planta de arroz. Estos cambios dan lugar a la manifestación de etapas diferenciadas dentro de cada fase de desarrollo, identificadas de la manera que se especifican en el Cuadro III-1.

Cuadro III-1. Fases y etapas de desarrollo del arroz.	
Fases de desarrollo	Etapas de crecimiento y desarrollo
Vegetativa (55-60 días)	0 Germinación de la semilla (5-7 días). Desde el humedecimiento de la semilla hasta aparición primera hoja a través del coleoptilo
	1 Plántula (15-20 días). Desde la aparición de la primera hoja hasta aparición del primer hijo.
	2 Macollamiento (30-35 días). Desde la aparición del primer hijo hasta máximo macollamiento (2Mx).
Reproductiva (35 días)	3 Elongación del tallo (5-7 días). Desde el alargamiento del cuarto entrenudo hasta inicio (micro) del primordio floral.
	4 Inicio de panícula (10-11 días). Desde la formación microscópica del primordio floral hasta hacerse visible.
	5 Desarrollo de panícula (20-25 días). Desde que se hace visible hasta la emergencia a través de la hoja bandera.
Maduración (30 días)	6 Floración (7-10 días). Desde la apertura de glumas en el tercio superior hasta la emergencia total y fecundación.
	7 Grano lechoso (7-10 días). Desde la fecundación hasta la formación inicial del grano.
	8 Grano pastoso (10-13 días).
	9 Grano maduro (6-7 días).

Germinación de la semilla

Bajo condiciones apropiadas de humedad, la semilla seca inicia el proceso de germinación, que concluye cuando emerge la primera hoja a través del coleóptilo (Figura III-7-A). La duración de esta etapa se estima entre cinco y siete días.

Si la germinación se produce estando la semilla sumergida en agua (ambiente anaeróbico), el coleóptilo, que envuelve las hojas embrionarias, emerge y se hace visible como una estructura cilíndrica antes que la coleoriza. Si la germinación ocurre en ambiente aeróbico, de suelo bien drenado, la coleoriza, que envuelve las raíces embrionarias, emerge primero (Figura III-7-B).

En nuestras condiciones la siembra generalmente se realiza en forma directa, utilizando el proceso de **pregerminación**, lo cual implica sumergir la semilla en una tanquilla de agua durante 24 horas, al cabo de las cuales se extrae y somete a **incubación** por otras 24 horas. Cubierto este lapso de 48 horas se procede a sembrar. Actualmente esta labor se realiza manualmente mediante obreros especializados, dado el alto costo que tiene la utilización de aeronaves.

De más reciente difusión, otra variante de pregerminación considera un incremento del primer tiempo de inmersión de la semilla, hasta por 36 horas, lo que implica realizar la pregerminación en un período de 60 horas.

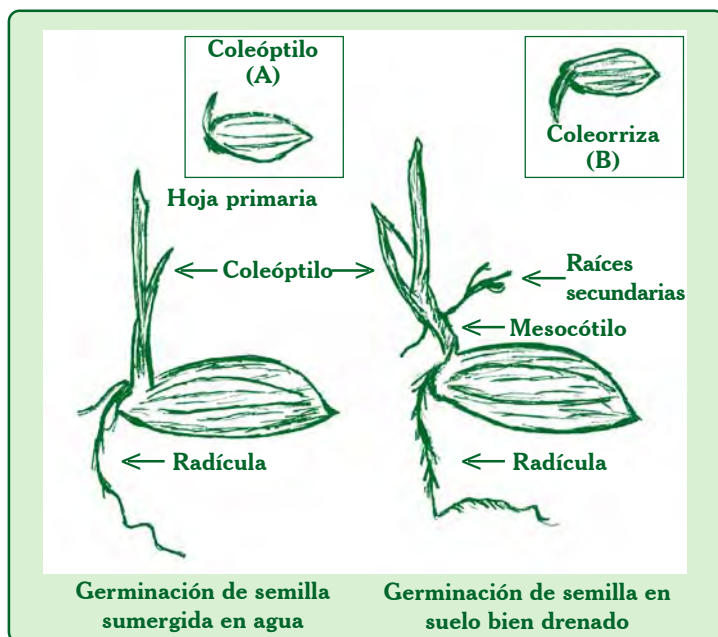


Figura III-7. Germinación de la semilla.

La siembra de semilla pregerminada ofrece la ventaja de un mayor adelanto en el crecimiento inicial del arroz, en comparación con el desarrollo de las malezas.

Plántula

Esta etapa cubre el período desde la emergencia de la primera hoja hasta la aparición del primer vástago o hijo (Figura III-8). Su duración tiene un lapso de 15 a 20 días.

Generalmente la primera hoja emerge tres días después de sembrar la semilla pregerminada. En el estado de plántula se consume la mayor proporción del endosperma y se desarrolla el sistema radical primario, el cual es sustituido por las raíces adventicias.



Figura III-8. Plántula.

Macollamiento

El macollamiento es el proceso de formación continua de hijos en una planta de arroz (Figura III-9). Esta etapa se inicia con la formación del primer hijo, a partir de la yema axilar de un nudo inferior, hasta cuando la planta alcanza el máximo número de vástagos; aunque también puede decirse que hasta el comienzo del alargamiento del tallo. Su duración es variable, dependiendo de la variedad, época de siembra y condiciones climáticas; sin embargo podría estimarse en 30 a 35 días, en términos generales.

La expresión del macollamiento puede asociarse con la característica varietal, la densidad de siembra usada, el estado de humedad del suelo o

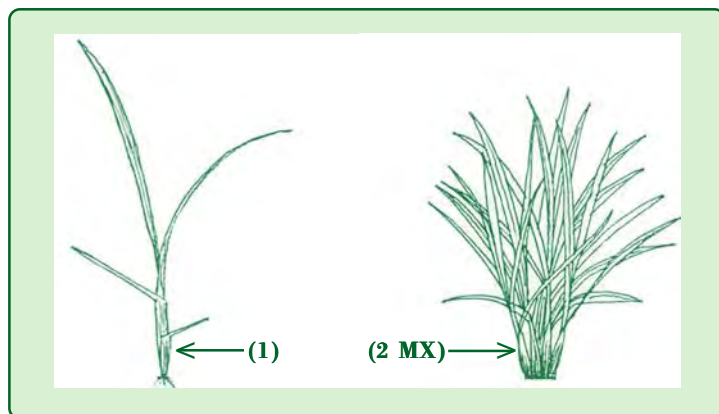


Figura III-9. Macollamiento.

la fertilización. Bajo riego de saturación de suelo, por ejemplo, el macollamiento es más abundante en comparación con el que se logra en condiciones de inundación, y más aún, con lámina muy alta. En nuestras explotaciones comerciales la máxima expresión de macollamiento suele lograrse alrededor de 45 días después de la siembra.

Posterior a este máximo macollamiento algunos hijos mueren y su número disminuye hasta estabilizarse. Dependiendo principalmente de las condiciones de siembra, de la eficiencia del riego y la fertilización, para el momento de cosecha, el número de hijos productivos (con panículas) varía entre 300 y 400/m².

Las altas densidades de siembra no favorecen el macollamiento de la planta. En este aspecto la recomendación comercial para obtener una óptima población se ubica en el orden de 130 a 150 kg/ha de semillas, cuyo porcentaje de germinación sea superior a 90 por ciento.

Independientemente de la densidad de siembra, dentro de valores normales, el número de planta por unidad de superficie tiende a un equilibrio natural; y el uso de mayores cantidades de semilla en la siembra no garantiza una población significativamente más alta al final del ciclo (FONAIAP-FP-Corina 1995).

Elongación o alargamiento del tallo

Alrededor de los 50 días el tallo subterráneo comienza a alargarse, a partir del cuarto entrenudo por debajo del nudo ciliar; y en un lapso de inco a siete días logra una longitud de 2 a 4 cm (Figura III-10). En este momento termina la etapa 3, porque a partir de allí comienza la aparición microscópica de lo que después será la panícula. La iniciación de la panícula marca o define el final de la etapa 3 y el comienzo de la 4, pero el alargamiento del

tallo va a continuar hasta el momento en que la panícula, ya formada, sobresalga en el tercio superior de la planta, por sobre la vaina de la hoja bandera.

En variedades de ciclo corto la elongación del tallo y la iniciación de la panícula se producen en forma simultánea.



Figura III-10. Alargamiento del tallo.

Iniciación de la panícula

Esta etapa comienza con la formación microscópica del **primordio floral**, hasta el momento en que se hace visible con la apariencia de un cono algodonoso, cuya longitud alcanza 3 a 4 milímetros, aproximadamente (Figura III-11). La duración de este proceso se estima entre 10 y 11 días.

La iniciación de la panícula se produce primero en el tallo principal y continúa en los hijos en forma irregular.

La iniciación del primordio floral en variedades fotosensitivas (tardías) sólo se produce cuando la planta está expuesta a días cortos. De esta manera el ciclo de vida puede variar en función de la fecha de siembra y la época del año.

Desarrollo de la panícula

Se inicia con la formación cónica algodonosa visible de la panícula (Figura III-12-A), hasta el momento de su emergencia, a través de la vaina de la hoja bandera (Figura III-12-B). Su duración es de 20 a 25 días.

En esta etapa se define la conformación de la inflorescencia que, al engrosarse, produce un abultamiento de la vaina de la hoja bandera,



Figura III-11. Iniciación de la panícula.

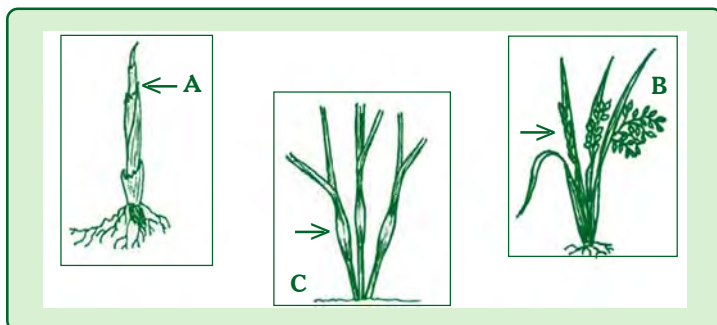


Figura III-12. Desarrollo de la panícula.

determinando el estado conocido como **embuchamiento** (Figura III-12-C). A continuación se produce la emergencia de la panícula.

Durante el desarrollo de la panícula se diferencian los primordios de las espiguillas y se determina el número de éstas; por ello este período

resulta sumamente crítico cuando situaciones estresantes de temperatura, sequía o presión de agua inciden sobre la planta.

Floración (antesis)

Esta etapa se manifiesta con la apertura y fecundación, en forma sucesiva, de las espiguillas del primero, segundo y tercer tercio de la panícula (Figura III-13). En este momento las glumas se cierran para comenzar la maduración del grano. Su duración esta alrededor de siete a diez días. Bajo condiciones soleadas la apertura se produce en horas tempranas, pero en días sombreados y húmedos se retarda.

La floración ocurre casi a 25 días después del inicio visual de la panícula, independientemente de la variedad.

Grano lechoso

Después de la fertilización del óvulo se produce la traslocación de carbohidratos que, en un principio, conservan una consistencia lechosa en el interior de la espiguilla. Este contenido puede ser expulsado mediante

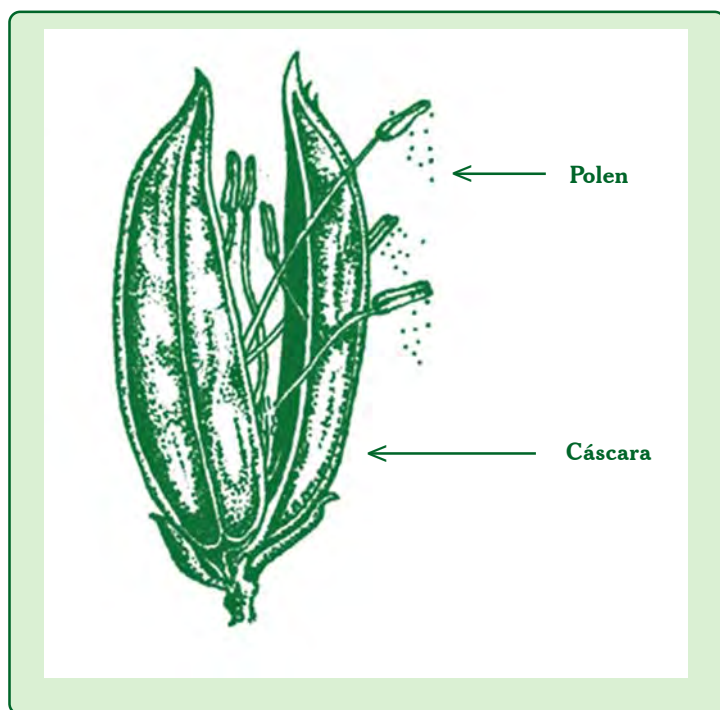


Figura III-13. Floración.

cierta presión con los dedos (Figura III-14-A). El grano lechoso se mantiene bajo condiciones normales de manejo agronómico por espacio de siete a diez días. Durante este lapso, la panícula se conserva erecta y sólo en su tercio superior tiende a doblarse por efecto del llenado de los granos. Al final, algunas espiguillas no llegan a llenarse, dando lugar a la presencia del **grano vano**.

Grano pastoso

Período en el que el contenido del grano se vuelve más consistente con tendencia a endurecerse (Figura III-14-B). La duración de esta etapa es de 10 a 13 días. En la primera parte de esta etapa, el grano se torna verde amarillento y el doblado de la panícula se acentúa en su parte media.

Grano maduro

Período en que el contenido del grano se endurece y cristaliza. Su duración es de seis a siete días. Al final de esta etapa la planta llega a su plena madurez y el raquis de la panícula se observa completamente doblado (Figura III-14-C).

Manejo agronómico del cultivo en función del desarrollo de la planta

Con respecto a las etapas señaladas pueden plantearse algunas recomendaciones sobre el manejo agronómico del arroz, considerando que éstas tienen carácter complementario o alternativo a las que con mayor propiedad se han propuesto en los temas específicos correspondientes.

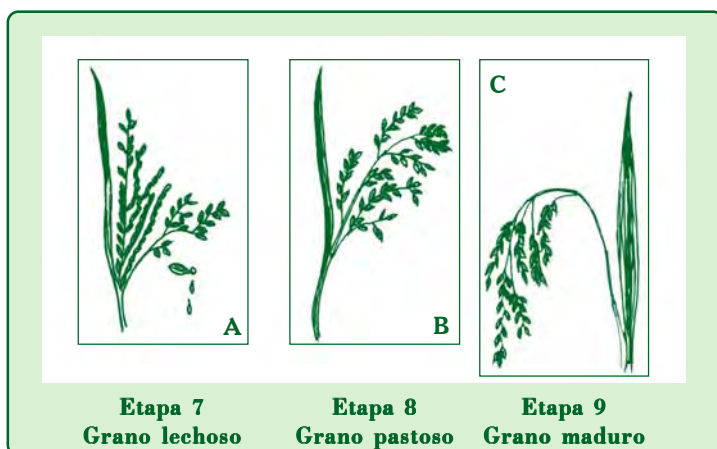


Figura III-14. Macollamiento.

Germinación de la semilla

- Las condiciones de buena adecuación y preparación óptima del terreno son fundamentales para lograr una buena germinación.

- El uso de una densidad óptima de siembra permite el establecimiento de una población ideal. En este sentido, la siembra de 130 a 150 kg/ha de semilla puede garantizar la germinación y el desarrollo de, por lo menos, 200 plántulas por metro cuadrado.

- Una buena nivelación del terreno es muy importante para que los riegos iniciales (después de la siembra) sean más eficientes en cuanto a permitir solamente el humedecimiento o saturación del terreno, sin que se formen charcos perjudiciales después del drenaje. La inundación prolongada de la semilla en proceso de germinación o de la pequeña plántula, resulta perjudicial para el buen establecimiento de una siembra de arroz. Sólo después que la planta ha alcanzado cierto desarrollo (más de 15 días) se debe proceder a la inundación permanente.

- Condiciones irregulares del terreno pueden propiciar zonas con déficit o excesos de agua, lo que favorece el desarrollo de malezas con baja exigencia hídrica en el primer caso o de malezas acuáticas en el segundo. Estas anomalías deben corregirse para favorecer una mejor población del arroz.

- Durante el período de germinación debe vigilarse estrictamente la presencia de aves (particularmente patos) que puedan consumir la semilla. Asimismo, deben tomarse precauciones en relación con el potencial daño de roedores, lo que significa que el manejo de estas plagas debe comenzar junto con la preparación del suelo y extenderse durante todo el ciclo del cultivo.

- Bajo ciertas condiciones de trabajo la aplicación de un control de malezas con herbicidas preemergentes puede resultar conveniente, tomando en cuenta las precauciones al respecto.

Plántula

- Debe mantenerse el riego de saturación o moje hasta que la altura de la planta permita la inundación permanente.

- En esta etapa es factible y conveniente el control de malezas con mezclas de herbicidas pre y postemergentes aplicados en dosis relativamente más bajas a las recomendadas usualmente. Este control puede realizarse entre 9 y 12 días después de la siembra.

- Debe mantenerse vigilancia sobre insectos-plaga (particularmente gusanos cortadores) que puedan trozar o consumir el follaje joven.

- Antes de incorporar la lámina permanente es recomendable aplicar la fertilización básica para cubrir la exigencia que implica la etapa de macollamiento próximo. Esta fertilización conlleva incorporar 50% del

nitrógeno, junto con el total de fósforo y potasio previsto. Esta aplicación puede realizarse entre los 15 y 20 días después de la siembra.

Macollamiento

- Debe mantenerse el riego bajo inundación permanente, o en su defecto cumplir con el estado de saturación del suelo.

- Mantener vigilancia de enfermedades e insectos-plagas, principalmente en relación con el gorgojo acuático y la sogata, en el primer grupo y de la piricularia u otros hongos, en el segundo grupo.

- Para cubrir la demanda de nitrógeno que exige el estado de máximo macollamiento debe preverse el reabonamiento correspondiente, cuya aplicación debe efectuarse con antelación a esta etapa.

Elongación del tallo e inicio del primordio panicular

- Debe conservarse la adecuada suplencia de humedad para evitar situaciones estresantes para la planta.

- La aplicación de alguna dosis de fertilización nitrogenada probablemente ameritaría el drenaje del campo para favorecer la eliminación de gases tóxicos formados durante la inundación inicial.

- Para esta etapa deben continuar las evaluaciones de plagas insectiles, particularmente las relacionadas con taladradores o barrenadores (*Diatraea*, *Rupella*).

- Igualmente, debe vigilarse la presencia de piricularia o rizoctonia.

Desarrollo de la panícula

- Mantenimiento de la inundación o riego de saturación.

- Evaluar ataques de chinches y taladradores.

- Evaluación de piricularia para prever posible ataque al cuello de la panícula.

Floración

- Debe mantenerse buen manejo del riego.

- La evaluación del chinche vaneador del grano y la potencialidad del ataque de piricularia al cuello de la panícula, es prioritaria en esta etapa.

Grano lechoso

- Mantener control del riego en previsión de la época oportuna para suspenderlo.

- Vigilar y prever posible ataque de pájaros.
- Mantener vigilancia en relación con la presencia de piricularia.

Grano pastoso

- Al final de esta etapa suspender el riego.
- Mantener vigilancia sobre pájaros y roedores.

Grano maduro

- Mantener vigilancia sobre pájaros.
- Organizar cosecha y transporte.



Capítulo IV

Ecología del Cultivo

A grandes rasgos, se puede señalar que las exigencias agroecológicas del arroz se concretan en el mantenimiento de alta humedad en su pie y alta luminosidad en su cabeza. De allí que, por lo general, los rendimientos de arroz paddy y la calidad del grano mantengan mejores expresiones en las siembras del ciclo de verano, en comparación con las del ciclo de lluvias. Sin embargo, es importante destacar la capacidad del cultivo para desarrollarse favorablemente en diversas condiciones de inundación y estados de humedad del suelo.

Los factores ecológicos determinantes del desarrollo y buen rendimiento del cultivo de arroz incluyen principalmente la temperatura, la radiación solar, el agua, el suelo, la humedad relativa y el viento.

Temperatura

Durante el ciclo de cultivo el régimen de temperatura tiene marcada influencia sobre el patrón de desarrollo de la planta y la fluctuación térmica de valores en el día mantiene estrecha relación con el rendimiento de arroz paddy. En torno a esta variación se han detectado valores críticos y óptimos de temperatura en relación con las etapas de germinación, macollamiento, iniciación y desarrollo de la panícula, floración y maduración del grano (Yoshida 1977).

En líneas gruesas, los valores óptimos de temperatura a favor de los procesos mencionados, se estiman entre 25 y 35°C. Se consideran valores críticos aquellos inferiores a 20°C o por encima de 30°C. En todo caso, por sobre los valores absolutos prevalece la influencia de los altibajos de temperatura durante el día y la noche, y el tiempo de incidencia de los valores críticos (Vargas 1985).

Experiencias en este sentido (Yoshida 1973) destacan que la tasa de crecimiento de la planta de arroz se incrementa linealmente con el mantenimiento de la temperatura, dentro de un rango de 22 y 31° centígrados.

En relación con el efecto de bajas temperaturas, se reportan estados transitorios de detención o retardos del crecimiento del arroz en etapa de plántula y problemas de vaneamiento parcial o total, si tales temperaturas ocurren en etapa de floración, aspecto este último asociado también a la variación diaria de la temperatura (De Datta 1986).

Regularmente, en nuestros medios de producción arroceras, salvo casos puntuales de afectación, los altibajos de temperatura no suelen alcanzar valores que incidan de manera grave en el desarrollo satisfactorio del cultivo.

En el mismo orden, la incidencia prolongada de altas temperaturas reporta efecto sobre el macollamiento y la altura de plantas, al mismo tiempo que reduce el número de granos llenos por panícula (Satake y Yoshida 1978).

Radiación solar

Existe una relación directa entre la alta incidencia del factor luz y el incremento de los rendimientos en arroz, hecho que se explica en razón de la alta expresión que observa el proceso de fotosíntesis en presencia de alta luminosidad. Todo ello considerando que este proceso fotosintético aporta más de 80% del peso de materia seca de la planta adulta (Rico *et al.* 1999).

En este orden de ideas, se aprecia que la incidencia de una baja radiación solar durante la fase vegetativa del cultivo no afecta significativamente el rendimiento final o sus componentes. Por el contrario, si la baja radiación solar se manifiesta durante la fase reproductiva, los rendimientos se afectan debido a la disminución del porcentaje de granos llenos o al menor número de granos por panícula.

Independientemente del aumento o disminución progresiva de la radiación solar, valores elevados de este factor en etapas posteriores a la iniciación de la panícula, se asocian con mayor rendimiento en diversas variedades de arroz; respuesta que se manifiesta con mayor intensidad en presencia de altos valores de fertilización con nitrógeno (Evans y De Datta 1979).

Stensel, citado por De Datta (1979), señala como el período más crítico en cuanto a requerimiento de energía solar, aquel que se encuentra entre la iniciación de la panícula y diez días antes de la maduración del grano.

En la Figura IV-1 se muestran los valores de radiación solar acumulada, reportados por la Estación Meteorológica del CIAE-Portuguesa, en la localidad de Araure, entre un largo período de años (1983-2002), destaca que estos valores corresponden al período de lluvias, y dentro de este, a un

lapso muy importante para el ciclo de vida del cultivo, como son los meses de mayo-junio-julio.

En esta gráfica se aprecia la tendencia de un incremento significativo de la radiación solar para los años 90, aspecto que podría asociarse como contribuyente a los óptimos valores de rendimiento que se reportan para dicho período.

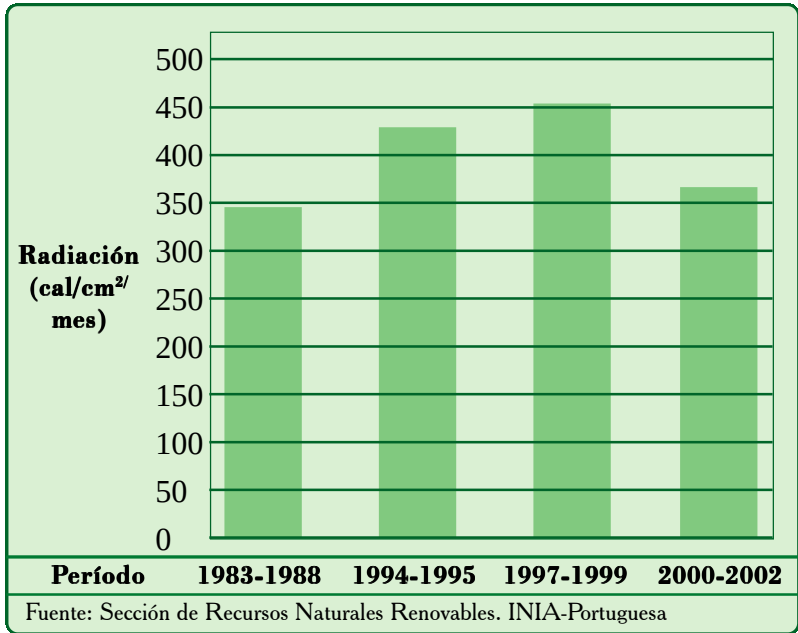


Figura IV-1. Radiación acumulada promedio durante los meses mayo, junio y julio.

Agua

Es indiscutible la estrecha asociación entre un adecuado suministro de agua y la obtención de altos rendimientos en arroz. A lo largo del ciclo del cultivo, los requerimientos hídricos varían de acuerdo con las etapas de desarrollo de la planta. Pero, en términos generales, las exigencias hídricas son más importantes hacia la fase de reproducción, ya que los efectos negativos que pudiera generar una inoportuna o insuficiente suplencia de agua, sobre todo hacia las etapas de desarrollo de panícula y floración, son irreversibles y al final afectan drásticamente la producción. Por el contrario, si durante la fase vegetativa ocurren períodos de escasez de agua, seguramente el cultivo va acusar sus efectos, pero éstos podrían atenuarse o superarse al corregir tal deficiencia.

La determinación de requerimientos hídricos para el arroz están en función de factores diversos que incluyen la modalidad de explotación, formas de preparación de tierras, textura del suelo y ciclo del cultivo, razón por la cual esta estimación es variable, sobre todo considerando que numerosas unidades de producción mantienen la alternativa complementaria de aprovechar el agua de lluvias.

En épocas pasadas, muy particularmente en la Región de los Llanos Occidentales, la siembra del arroz de secano (a expensas de la lluvia exclusivamente), mantuvo alta y extensa difusión. Para ese entonces una precipitación regularmente distribuida durante el ciclo de siembra, con valores aproximados a 1300 mm/ciclo, permitía la obtención de rendimientos aceptables, con los altibajos propios del sistema de siembra. Posteriormente (hacia 1980, aproximadamente) el ciclo de lluvias y su distribución se tornó errático e impredecible, lo que determinó prácticamente la desaparición de este inestable sistema de siembra en las principales zonas arroceras del país.

Suelos

Los suelos donde tradicionalmente se siembra arroz en Venezuela son de diversa naturaleza y en ellos la obtención de buenos rendimientos es factible en la medida que exista una adecuada disponibilidad de agua.

Las características ideales del suelo comprenden:

- textura arcillo-limosa preferiblemente,
- no calcáreos, con pH entre 5.0 y 8.0, con óptimos de 5.2 a 6.5),
- drenaje moderado y alta capacidad de retención de agua.

Los requerimientos de agua en arroz deben compensar las pérdidas ocurridas por efecto de la transpiración del cultivo, la evaporación del agua del suelo, y muy particularmente de la infiltración o percolación, aspecto este último sujeto a gran variabilidad por efecto de la textura del suelo y la topografía del terreno, principalmente. En suelos de textura liviana, la siembra del arroz puede confrontar problemas de eficiencia del riego y de la fertilización, vistas las pérdidas por percolación y arrastre que ocurren en estos suelos como consecuencia del manejo inapropiado de estas labores.

Humedad relativa

La humedad relativa del aire influye en alto grado y en relación inversa, sobre el proceso de transpiración de la planta y la evaporación. Valores muy altos de este factor son determinantes de la disminución de la evapotranspiración y, en consecuencia, de la absorción y traslocación de nutrientes.

Vientos

Los vientos constituyen un factor muy importante para la transpiración de la planta y la evaporación. En este sentido, se señalan incrementos de la rata fotosintética en la medida que la velocidad del viento aumenta suavemente (De Datta 1986).

En zonas abiertas, desprovistas de protección, la alta velocidad del viento crea problemas de volcamiento del cultivo y provoca daños en la panícula. Cuando son secos y cálidos causan quemaduras en el extremo superior de las hojas e interfieren en la formación del grano.

En resumen, los rendimientos de arroz están afectados por la influencia de factores ambientales y biológicos, siendo difícil la separación de sus efectos.

Particularmente, la producción de granos en arroz va a estar determinada por los denominados **componentes de rendimiento** y que responden a los siguientes:

- Número de panículas por metro cuadrado (N_p/m^2).
- Número de espiguillas por panícula ($N_e/\text{panícula}$).
- Porcentaje de espiguillas fértiles o llenas (%Ef).
- Peso de 1.000 granos.

La ecuación que relaciona estas variables se puede expresar de la siguiente forma:

$$\text{Rendimiento de grano} = N_p/m^2 \times N_e/\text{panícula} \times \%Ef \times \text{peso de 1.000 granos.}$$

En esta relación matemática:

- el número de panículas por metro cuadrado queda determinado en la etapa de macollamiento o formación de hijos y representa el factor más importante en la proyección de altos rendimientos,

- el número de espiguillas por panícula se define en la etapa de iniciación de la panícula, lapso en el cual la influencia de la temperatura y de la radiación solar, es determinante en las expresiones de este factor de rendimiento,

- el porcentaje de granos llenos se define en la etapa de floración y su mayor o menor proporción puede estar influenciada por factores externos que afectan o favorecen el proceso de polinización,

- en el trópico el rendimiento de granos está estrechamente relacionado con el número de espiguillas por unidad de superficie y el porcentaje de espiguillas llenas es casi el mismo para las épocas secas y de lluvias. Parece existir un número óptimo de granos para lograr un rendimiento máximo en determinadas condiciones (Yoshida *et al.* 1972),

- El peso de los granos se determina en la fase de maduración y es el menos afectado por factores ambientales.



Capítulo V

Riego en Arroz

La práctica del riego en arroz y básicamente el adecuado manejo del agua, es de importancia capital para obtener altos rendimientos. En este aspecto la modalidad generalizada en nuestro medio arrocero se identifica con la inundación del campo; actividad que, en buena proporción de nuestras unidades de producción, adolece del necesario criterio racional de aplicación.

El efecto de inundación en arroz se refleja en el beneficio que ofrece para el logro de mejores expresiones de ciertas etapas de crecimiento del cultivo, o en apoyo al desarrollo de otras labores inherentes a su manejo agronómico.

El mantenimiento de la lámina de agua, por ejemplo, contribuye en gran parte al control de malas hierbas en el cultivo, por cuanto evita la recuperación de aquellas malezas afectadas parcialmente por el herbicida, y al mismo tiempo limita el desarrollo de especies que no proliferan bajo condiciones de inundación.

Por otra parte, la práctica de inundación crea en el suelo un ambiente favorable para el aprovechamiento y absorción de nutrimentos por parte de la planta. De igual manera, es posible contrarrestar o limitar la proliferación de ciertas enfermedades fungosas a través de un adecuado manejo del agua de riego.

La implantación de la práctica de irrigación del cultivo debe considerar, en forma prioritaria, la necesidad de realizar una formal adecuación de tierras para estos fines, con el objetivo de lograr una óptima eficiencia de utilización del agua disponible. No basta con disponer de un alto caudal de agua si el mismo no se complementa con una efectiva canalización de riego y drenaje, y con una eficiente irrigación de tierras (Álvarez 1997).

En materia de suplencia de agua propiamente, para efectos de la germinación de la semilla, los requerimientos hídricos del cultivo son bajos. En este sentido, la dotación del riego debe realizarse con la finalidad de lograr solamente el humedecimiento del suelo hasta el punto de saturación. El mantenimiento de una lámina de agua durante la etapa de germinación del arroz afecta dicho proceso, por este hecho deben drenarse rápidamente aquellos sitios donde el agua permanece estancada y en los cuales la semilla se encuentra germinando.

Los riegos posteriores a la germinación se efectúan atendiendo al mantenimiento de la humedad del suelo y la incorporación de la lámina de agua se recomienda realizarla cuando la altura del cultivo lo permita, regularmente después de los 15 a 16 días de la siembra, salvo que el efecto de otra práctica complementaria de manejo estime retardarla.

Mientras el cultivo permanece inundado es importante mantener el agua en constante movimiento y reposición para conservar una temperatura adecuada para el buen desarrollo de la planta. De esta forma se evita el efecto negativo que sobre el cultivo tienen los altibajos de la temperatura del agua estancada.

En cuanto a la etapa de macollamiento, estudios foráneos (De Datta 1986) y locales (Fonaiap-Fundación Polar 1995) destacan la restricción de este proceso bajo espesor de lámina de inundación superior a los 15 cm. De hecho, las mejores expresiones de ahijamiento se producen bajo condiciones de suelo saturados (no inundados).

Anteriormente, era común la práctica de suspender el riego de inundación y drenar el campo alrededor de 35 días después de la siembra, o 25 días después de la emergencia de la plántula, y por un período de cinco a siete días, para favorecer el macollamiento del arroz. Esta modalidad permitía además la liberación de gases, de alguna fitotoxicidad para el cultivo, producidos bajo la condición de inundación inicial (Figura V-1), aun cuando también favorece la aparición de malezas.

El momento oportuno para realizar el drenaje de campo, para los efectos de cosecha, depende principalmente de la capacidad de retención de agua de los suelos. En este sentido, bajo condiciones de textura arcillo-limosa, se considera conveniente efectuar el desagüe alrededor de diez días antes de la fecha prevista de corte. En el período de lluvias se recomienda dejar abiertos todos los drenajes.

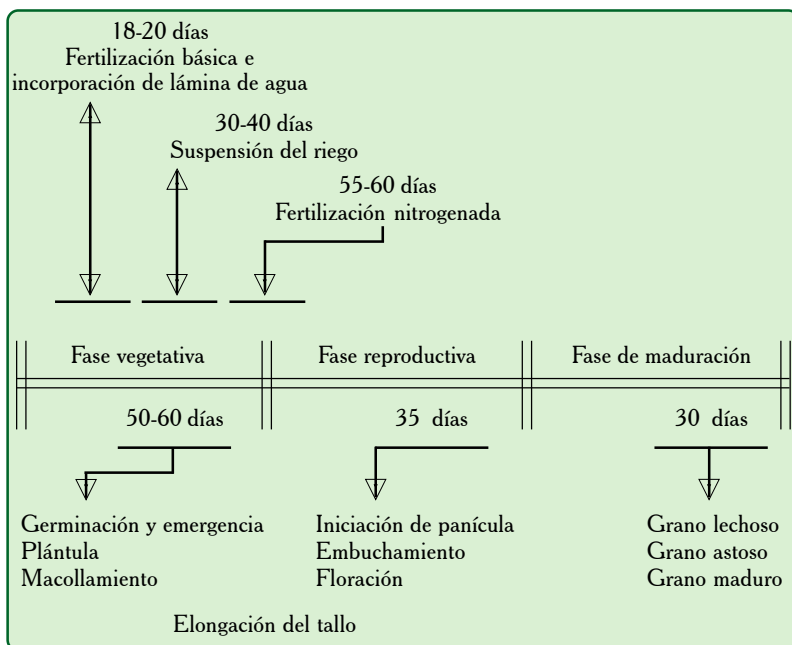


Figura V-1. Suspensión del riego según la etapa de desarrollo del cultivo del arroz.

Métodos de riego

Los métodos de riego de uso frecuente en arroz son:

1. Riego por bordas en curvas a nivel.
2. Riego en melgas rectangulares o tanques.

Riego por bordas en curvas a nivel

En este método, las superficies de inundación se encuentran delimitadas por camellones que se construyen siguiendo las curvas a nivel. El levantamiento de estas curvas se realiza posteriormente al emparejamiento del terreno, para lo cual se utiliza comúnmente un *land plane*. En caso de mayor irregularidad de la superficie, procede efectuar un trabajo formal de nivelación.

La utilización de este método requiere pendientes de terreno menores de 1%, ya que una inclinación más pronunciada conduce a la construcción de bordas con poca separación entre ellas; situación que restringe la superficie de siembra y dificulta la cosecha mecánica. Los valores de pendiente más recomendables oscilan de 0,2 a 0,4%, manteniendo el desnivel de uno a otro camellón, entre 5 y 10 centímetros. El método de riego por borda en curvas de nivel es uno de los más utilizados en los llanos occidentales.

Riego en melgas rectangulares

La aplicación del riego por melgas rectangulares o tanques implica la delimitación de superficies cuadradas o rectangulares, mediante la construcción de camellones que conforman sus perímetros. Por lo general su diseño se realiza posteriormente a una óptima nivelación del terreno, la cual debe considerar la importancia de no efectuar cortes de tierra muy pronunciados para evitar la remoción de toda la capa arable y, en consecuencia, el afloramiento de estratos de suelo improductivo. En este sentido se recomienda la utilización de superficies con pendientes inferiores a 0,1%. Los tanques permiten mejor mecanización del suelo, en razón de la regularidad del terreno que conforman y, por lo general la eficiencia del riego es mayor en comparación con el método de bordas (Rico *et al.* 1999). Este sistema no es recomendado para suelos con poca profundidad de la capa arable.

La práctica de nivelación de tierras a cero pendiente acarrea problemas en el retardo del drenaje de los lotes, situación que puede traer dificultades cuando se requiere un rápido desagüe, necesidad que ocurre después de lluvias muy intensas.

Tanto en los paños de riego en curvas a nivel, como en las melgas rectangulares o tanques, el manejo de la altura de la lámina de inundación

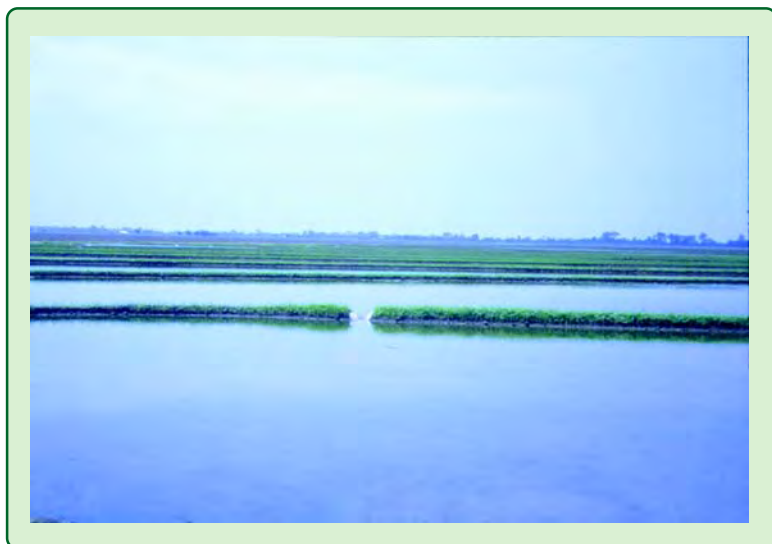


Figura V-2. Bocas de salida de agua.

se realiza a través de la cota más baja del lote, en el cual se abren bocas de salida de agua hacia el paño siguiente (Figura V-2).

A pesar de los avances tecnológicos en materia de nivelación de tierras y canalización de fincas, persisten deficiencias en la aplicación del riego en las dos zonas productoras de arroz. En este sentido, se destacan problemas en el diseño adecuado de los paños de inundación y el mantenimiento de una altura de lámina óptima, siendo éstas por lo general muy profundas.

Otro aspecto de relevancia es el desconocimiento del productor acerca de qué volumen de agua debe aplicarse para obtener una lámina determinada, lo que resulta en un manejo inadecuado del riego (Martínez 1998).



Capítulo VI

Mejoramiento Genético

Cultivares y su clasificación

Se entiende como *cultivar* el material vegetal obtenido por un proceso definido de mejoramiento genético, cuya responsabilidad recae en el mejorador de plantas. La meta es la obtención de cultivares con características promisorias específicas y capaces de satisfacer las expectativas de los actores de la cadena alimentaria.

Convencionalmente, los cultivares se clasifican de acuerdo con diferentes criterios:

- **La metodología utilizada para su obtención.** En este sentido los cultivares pueden ser **híbridos** o **variedades**. Las variedades a su vez, pueden responder a líneas puras o mezclas de líneas (multilíneas).

- **En función del ciclo de cultivo.** Se entiende por ciclo de cultivo el número de días que transcurren desde la siembra hasta que el 85 % de los granos de las panículas están maduros. En este sentido, los cultivares pueden ser de ciclo corto (menos de 120 días), de ciclo intermedio (120-150 días) y de ciclo largo (más de 150 días).

- **El tipo o longitud de grano.** En relación a este aspecto, los cultivares pueden ser de grano **extra largo**, cuya longitud de grano pulido es mayor de 7,6 mm, de **grano largo** (6,6 a 7,5 mm), de **grano medio** (5,6 a 6,5 mm) y **grano corto**, con menos de 5,5 milímetros.

- **El tipo de endospermo.** Esta clasificación considera cultivares glutinosos (Waxy), intermedios y no glutinosos.

- **El sistema de cultivo.** Se incluyen cultivares de arroz bajo riego y de secano (de requerimientos hídricos bajos).

Mejoramiento genético del arroz en Venezuela

El mejoramiento genético de arroz en Venezuela se inicia en la década del 50, con la finalidad de superar problemas que para ese entonces confrontaba el cultivo frente a enfermedades como *Helmithosporium* y el virus de la hoja blanca.

Con la creación de la Estación Experimental de Araure, en 1953, asume la responsabilidad del programa de mejoramiento el técnico Eduardo Chollet Boada, logrando desarrollar, en una primera etapa, las variedades Llanero 501 y Chollet, las cuales en su momento dieron respuesta efectiva a la problemática local. Estos cultivares se obtuvieron por vía de la metodología de cruces simples y recíprocos, donde se determina el posible efecto maternal de la descendencia.

Hacia el inicio de la década del 70, se abren las perspectivas de interacción internacional, y el programa de mejoramiento genético se orienta hacia la evaluación y selección de materiales introducidos, en generaciones avanzadas, procedentes del Instituto Internacional de Investigación en Arroz (IRRI), y del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), creados en 1960 y 1967, respectivamente.

Por muchos años la investigación en arroz recayó de manera exclusiva en el organismo oficial (MAC-Dirección de Investigación, FONAIAP), tiempo durante el cual fueron liberadas 15 variedades que sirvieron de importante soporte a la producción arrocería del país. Entre estos cultivares destacan Araure 1, Araure 3, Palmar, Araure 4, Ciarllacen, Cimarrón, FONAIAP 1 y FONAIAP 2000.

A partir de los años 90, se incrementa la interacción de trabajo con el sector productor y otros organismos e instituciones nacionales incorporadas a las actividades de mejoramiento en arroz para establecer alianzas estratégicas capaces de dar respuesta a las necesidades vigentes de generar materiales con características promisorias en cuanto a una alta potencialidad de rendimiento, buena calidad de grano y adaptación a las diferentes condiciones de siembra en Venezuela, además de aportar elementos en relación con su patrón tecnológico. Actualmente, a la par del trabajo interactivo externo, el INIA sustenta su labor de mejoramiento genético de arroz, a través de la integración de actividades de sus centros de investigación agropecuaria de los estados Guárico, Portuguesa y Barinas (Cuadro VI-1).

Métodos de mejoramiento

Dentro de este campo se desarrollan tres líneas de trabajo:

- Mejoramiento por pedigrí.
- Mejoramiento por selección recurrente.
- Desarrollo de híbridos.

Cuadro VI-1. Programa oficial de mejoramiento genético del arroz en Venezuela.

Período	Método de trabajo	Variedades creadas
1953-1970	Cruces simples y recíprocos	Llanero 501 Chollet Acarigua 50 Portuguesa I Portuguesa II Llanero mejorado
1970-1987	Evaluación y selección de materiales introducidos	Araure 1 Araure 2 Ciarllacen
1987-2000	Evaluación y selección de materiales introducidos Programa local de cruces simples y triples	Araure 3 Araure 4 Palmar Cimarrón Fonaip 1 Fonaip 2000 Fundarroz PN-1* Venezuela 21*
* Cultivares desarrollados en interacción con instituciones del entorno.		

Mejoramiento por pedigrí

Esta metodología es utilizada en el INIA, atendiendo a diversos objetivos, bien sea la obtención de cultivares para el consumo humano (arroz de mesa), para uso industrial u otros.

Para el caso del arroz de mesa se considera la adaptación de la variedad a diferentes sistemas de cultivo, se trate de materiales de riego o de bajo requerimiento de agua.

Arroz de mesa bajo riego

La selección de arroces de mesa, utilizando plantas del sistema de arroz de riego, se realiza a través de un convenio donde participa el sector productivo (FUNDARROZ), el Fondo Latinoamericano y del Caribe para Arroz de Riego (FLAR), el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y el Instituto Internacional de Investigaciones de Arroz (IRRI).

La estrategia de trabajo considerado es la siguiente:

- Cruzamientos y generación de familias segregantes.
- Evaluación de introducciones.
- Evaluación de líneas promisorias.
- Estabilización de líneas.

Cruzamiento y selección de familias segregantes

Los cruces son realizados utilizando el método simplificado para el cruzamiento de arroz, diseñado por Sarkarung (1996). Las siembras sucesivas, a partir de la primera generación (F_1), dan lugar a la evaluación y selección de materiales segregantes, considerando específicamente características de tolerancia a plagas y enfermedades de importancia económica. La evaluación inicial efectuada a los 30 días después de la siembra, sobre esta primera generación de plantas, determina la selección de familias resistentes o tolerantes al virus de la hoja blanca (VHB).

Las plantas seleccionadas en esta primera etapa se trasplantan y sobre ellas, al final del período, concretamente en la fase de maduración, se realiza una nueva selección en función de la arquitectura de planta, altura, ciclo y el tipo de grano. La cosecha se realiza de manera individual para conformar las familias F_2 (Figura VI-1).

Las familias F_2 se siembran en sitios de alto riesgo de enfermedades foliares y al final la selección se efectúa en función del comportamiento fitosanitario, ciclo, tipo de planta y tolerancia al vuelco. Las semillas de las plantas seleccionadas (F_3) se evalúan para calidad de grano (% amilosa, centro blanco y yeso).

Las familias F_3 son sembradas en condiciones de alto riesgo de poblaciones naturales del insecto sogata (*Tagosodes oryzicola*), para evaluar el comportamiento agronómico, muy especialmente la resistencia al daño mecánico y al virus de la hoja blanca y la calidad del grano.

Las familias F_4 se siembran en dos localidades, manteniendo en una de ellas alta presión de enfermedades foliares y en otra, las condiciones normales de una determinada zona de producción comercial de arroz. Al final, la selección se realiza sobre el comportamiento fitosanitario, ciclo de cultivo, comportamiento agronómico y calidad de grano.

Evaluación de introducciones

Los materiales introducidos proceden de centros internacionales (IRRI, CIAT), quienes distribuyen periódicamente selecciones avanzadas o líneas en generaciones tempranas, para ser evaluadas localmente. Algunos de estos materiales en su sitio de origen ya se han sometido al proceso de selección descrito anteriormente y llegan en un estado de generación



Figura VI-1. Multiplicación de familias segregantes.

avanzado (F_7), para efectos de finiquitar su evaluación en diferentes condiciones agroecológicas y socioeconómicas (Figura VI-2).

Evaluación de líneas promisorias

Estos materiales corresponden a líneas de avance, en quinta generación (F_5), cuya evaluación se efectúa a través de ensayos con diseños experimentales definidos. Su procedencia puede ser de naturaleza local o introducida.

La finalidad de estas pruebas es la de evaluar de manera repetida, en tiempo y espacio, el comportamiento de estas líneas en zonas representativas de cada región. Como testigo, se usan variedades comerciales sembradas regularmente.

Estabilización de líneas

La estabilización de una línea, en términos generales, corresponde al trabajo que realiza el mejorador en una etapa semifinal, que persigue depurar una población de plantas mediante la eliminación de individuos con características que no respondan a las específicas de selección consideradas desde el inicio del proceso de mejoramiento. Esto implica la necesidad de asegurar la homogeneidad de la línea seleccionada, principalmente cuando existe la posibilidad de lanzarla al mercado como variedad.

Dada la complejidad y la acción multifacética del mecanismo de selección aplicado a través de varias generaciones, por regla general la estabilización se lleva a cabo cuando los materiales superan las evaluaciones del ensayo de líneas de observación.



Figura VI-2. Evaluación de líneas promisorias.

Una vez concluida la estabilización del material, se inscribe en los Ensayos Regionales Uniformes (ERUs) del Servicio Nacional de Semillas (SENASA), para optar a la elegibilidad como variedad comercial. Sobre el plantel del material estabilizado se seleccionan panículas para dar inicio al proceso de multiplicación de semilla genética.

Producción de semilla genética

La producción de semilla genética o de primera generación es competencia y obligación del obtentor del cultivar, para mantener su identidad genética y garantizar la mejor calidad de la siguiente generación o categoría del material como es la semilla básica o de fundación. De esta manera, la semilla genética es la base del programa de certificación que supervisa y sustenta la multiplicación de la semilla certificada propiamente, cuya utilización por parte de los productores se traduce en el logro de más altos rendimientos y mejor calidad del arroz cosechado (SENASA 1996).

El volumen de la multiplicación de semilla genética va a estar determinada, en gran medida, por la demanda que exista del cultivar por parte de las empresas semilleras y de los productores de arroz. Esta multiplicación se realiza por trasplante, utilizando panículas por surcos (trasplantando todas las plántulas generadas de cada panícula). Durante el ciclo del cultivo se realizan alrededor de tres purificaciones (en las etapas vegetativas, floración y maduración), con la finalidad de observar y corregir posibles segregaciones del material. Al observar alguna segregación, se procede a eliminar toda la descendencia de la panícula donde ocurra el

evento. La cosecha se realiza en dos formas: en panículas para dar continuidad a la producción de semilla genética y masal para dar inicio a la producción de semillas básicas (fundación y registrada).

Arroz de mesa bajo secano

El mejoramiento de arroz de mesa, mediante la metodología tradicional del pedigrí, utilizando plantas del sistema de arroz de bajo requerimiento hídrico, lo realiza el INIA por la vía del convenio entre el Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), con la finalidad de aportar alternativas a aquellos sistemas de siembra que no cuentan con un suministro regular de agua para el riego, tal como viene ocurriendo en algunas zonas de Calabozo, estado Guárico y la posible apertura en la región zuliana.

El CIRAD-CIAT realiza trabajos de mejoramiento de arroz en suelos de laderas. Para ello, implantan el método del pedigrí utilizando parentales adaptados a este sistema de cultivo y conducen las evaluaciones y selecciones de los materiales bajo el sistema de secano en suelos ácidos de los llanos de Colombia. Este germoplasma se introduce al país como líneas que son evaluadas en los llanos centrales de Venezuela, en viveros de observación. Los materiales seleccionados pasan posteriormente a ensayos de rendimiento.

Venezuela, a través del INIA en Monagas y Anzoátegui, realizó evaluaciones de líneas avanzadas de arroz de secano del CIAT desde 1990 a 1996 (Sanabria *et al.* 1997), como una alternativa para la diversificación de la producción en los llanos orientales del país. A partir de 1999, en Calabozo (estado Guárico) se realizan evaluación y selección de introducciones de líneas de arroz CT, segregantes CT y derivadas por selección recurrente, bajo condiciones de secano, contando actualmente con líneas promisorias.

La selección recurrente y el mejoramiento poblacional del arroz

La selección recurrente es una metodología de mejoramiento poblacional que permite acumular e incrementar gradual y continuamente la frecuencia de los genes favorables para mejorar las características cuantitativas (rendimiento). Esto se logra mediante cruzamientos frecuentes entre los individuos superiores que han sido seleccionados dentro de poblaciones segregantes y tiene como objetivo mejorar el comportamiento promedio de la población, manteniendo la variabilidad genética.

El mejoramiento poblacional en arroz es una alternativa eficiente para trabajar con caracteres complejos. Sin embargo, el uso de la selección recurrente en este cultivo es reciente, debido a que el cruzamiento entre las

plantas seleccionadas es difícil debido a la naturaleza autógama de esta especie. El costo asociado con la emasculación o eliminación de las anteras en el progenitor femenino, la polinización manual entre las progenies de las plantas seleccionadas y el bajo número de semillas producidas por cruzamientos, hacía poco atractivo el uso de esta metodología en arroz. El descubrimiento de sistemas de esterilidad masculina en algunas especies autógamas, incluyendo el arroz, ha brindado la oportunidad de adaptar los procedimientos del método en este tipo de cultivos. En arroz, la androesterilidad genética fue inducida e identificada por Singh e Ikehashi, en 1981, en un mutante de la variedad IR36 que presenta un gen nuclear, cuyo alelo recesivo produce la esterilidad de los granos de polen, cuando se encuentra en forma homocigota.

El objetivo principal de la selección recurrente es el mejoramiento genético poblacional, sin embargo estas poblaciones mejoradas pueden ser utilizadas para extraer individuos que puedan seguir mejorándose por varias generaciones a través del método del pedigrí o genealógico, para la obtención final de una nueva variedad. Con esta metodología se incrementa la probabilidad de traer plantas de poblaciones mejoradas que originen líneas superiores con cada ciclo de selección recurrente.

La selección recurrente se realiza en tres etapas, una vez creada la población base. Estas etapas incluyen la selección, evaluación y recombinación de los individuos superiores seleccionados.

Para la creación de la población base se deben definir las características cuantitativas a optimizar y escoger cuidadosamente los progenitores, variedades o líneas que aportarán genes a la población. Los progenitores no deben estar emparentados entre sí, para que los genes favorables que ellos aporten sean diferentes. Además, deben complementarse en las características a mejorar, para que se incremente la posibilidad de obtener mejoras en la selección. Para la recombinación de las líneas y/o variedades seleccionadas se aprovecha, generalmente, la androesterilidad genética.

Partiendo de la población base, el primer ciclo de selección recurrente se inicia con la selección fenotípica de algunos individuos de la población base, según las características definidas inicialmente (ideotipo). La progenie de cada individuo seleccionado es posteriormente evaluada en ensayos estadísticos que permiten determinar con menos incertidumbre cuál de ellos es realmente superior para las características de interés. Los individuos genéticamente superiores son luego recombinados para obtener la población mejorada, incluyendo el primer ciclo de selección recurrente. Este procedimiento se puede continuar por varios ciclos hasta agotarse la variabilidad genética. Cabe mencionar que el proyecto más antiguo de

selección recurrente ya cumplió 100 años y aún continúa, sin haberse agotado la variabilidad de la población. Este proyecto es llevado a cabo por investigadores de la Universidad de Illinois, en Estados Unidos de Norteamérica, con el objetivo de aumentar el contenido de proteína en los granos de maíz.

La selección recurrente se utiliza en arroz como una de las estrategias destinadas a sobrepasar el techo de rendimiento que parece haber alcanzado el cultivo, ya que teóricamente sería posible reunir en una sola variedad todos los genes favorables para el rendimiento. A escala internacional, el mejoramiento poblacional está siendo promovido por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). En Venezuela, la fundación Danac y el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, con el cofinanciamiento del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología y el apoyo del CIAT, trabajan de manera coordinada en la aplicación de esta metodología, con la finalidad de obtener poblaciones mejoradas de mayor rendimiento y mejores calidades molinera y culinaria, así como también en la obtención de una población base, que concentre diversos genes de resistencia intermedia al añublo de la vaina, con la idea de reducir la susceptibilidad del arroz a la enfermedad causada por el hongo *Rhizoctonia solani*.

Mejoramiento de arroz híbrido

El avance en el desarrollo y empleo de híbridos de arroz al final de los 70 en China, India y Vietnam, propició que la tecnología de híbridos de arroz captara la atención de los investigadores en diferentes partes del mundo. Varios países están invirtiendo en el desarrollo y uso de esta metodología. Es probable que Filipinas, Bangladesh, Sri Lanka e Indonesia también se inicien en el cultivo comercial de arroces híbridos en los próximos cinco años. Se calcula que China sembró 16 millones de hectáreas con arroz híbrido para el año 2002 y que continuará esta tendencia en virtud de los logros alcanzados. Los países pioneros de esta investigación en Latinoamérica son Colombia, que inicia sus trabajos en el año 1983 y Brasil que lo hace diez años más tarde (1993). En Venezuela, la investigación en híbridos de arroz se inició en el año 2001, en colaboración con el Instituto Internacional de Investigación del Arroz (IRRI). Desde el principio se evalúan combinaciones híbridas y sus respectivos restauradores introducidos de esa institución. Estas evaluaciones se efectúan en el Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Portuguesa, con el objetivo principal de observar su comportamiento general bajo nuestras condiciones agroecológicas.

Definiciones

Arroz híbrido

Es el cultivo de arroz comercial que proviene de semillas F_1 de un cruzamiento entre dos padres genéticamente diferentes. En el arroz híbrido, al igual que en otros cultivos, se explota el fenómeno de la heterosis.

Heterosis

Este término es usado a menudo como sinónimo de vigor híbrido, el cual se refiere a la superioridad de la F_1 híbrido sobre sus padres. La expresión de la heterosis está limitada únicamente a la primera generación, razón por la cual los agricultores tienen que comprar semilla nueva cada vez que necesiten efectuar sus siembras comerciales. Esto ha originado controversias sobre todo en países donde los pequeños agricultores conservan parte de su cosecha para la siembra del próximo ciclo, quienes dicen quedar expuestos a las grandes compañías semilleras, incrementándoseles de esta forma los costos de producción y dependiendo de la oferta de semilla híbrida que se encuentre al momento.

Heterosis media parental

Se refiere al incremento o disminución en el comportamiento de un híbrido, en comparación con el valor medio parental.

Heterobeltiosis

Es el incremento o disminución del comportamiento de un híbrido, en comparación con el mejor padre que interviene en este cruzamiento.

Heterosis estándar

Es el incremento o disminución en el comportamiento de un híbrido, en comparación con la mejor variedad de la región.

Obtención de arroz híbrido

El arroz, siendo un cultivo autógamo, muestra limitada polinización cruzada. Sin embargo, arroces con esterilidad masculina (androestériles), mostrando un rango de polinización cruzada de 14,1% a 53,1%, han sido observados en lotes de producción de semillas de arroces híbridos en China, IRRI y la India (Xu and Li 1988, Directorate of Rice Research 1995). La variabilidad genética, en relación con el porcentaje de polinización natural en líneas de arroz, puede atribuirse a variaciones en el tiempo de floración, características florales del macho estéril y el padre donador del polen, y variación en factores ambientales.

Algunas características de la planta, como altura, longitud de la hoja bandera, ángulo y exersión de la panícula, también afectan el cruzamiento natural del arroz (Virmani 1996). Por lo expuesto anteriormente, para desarrollar híbridos de arroz comerciales es esencial el uso del sistema de esterilidad masculina, la cual es obtenida por causas genéticas (sistema CMS o genético/citoplasmática) o no genéticas (sistemas EGMS: PGMS, TGMS o esterilidad debido a factores ambientales), lo que significa que el polen estéril y las espiguillas de arroz son incapaces de formar semillas por autopolinización. Para producir un híbrido utilizando el sistema más común de androesterilidad (CMS), es necesaria la utilización de tres líneas (A, B y R).

Germoplasma y metodología utilizada

Con la finalidad de evaluar las combinaciones híbridas en las condiciones ambientales venezolanas se optó por utilizar los materiales que conformaron el vivero específico de híbridos del IRRI del año 2001 y 2002 ((IRHON), en el cual también se incluyeron líneas restauradoras y mantenedoras, además de las mejores variedades e híbridos internacionales y variedades locales. El ensayo estuvo conformado en el año 2001 por 29 híbridos élitos, cuatro mantenedores y 24 restauradores originarios de Bangladesh, India, Taiwán e IRRI. Se evaluaron además ocho testigos: tres híbridos, cuatro variedades foráneas y una variedad local. En 2002 se evaluaron 18 híbridos, cinco mantenedores y 13 restauradores, más la variedad local FONAIAP 1.

Resultados obtenidos

Se observó que los híbridos evaluados presentaron características positivas, como menos días a floración, mayor número de panículas/metro lineal, más grano por panícula y mayor peso de granos. Sin embargo, la mayoría de ellos presentaron problemas serios de vuelco. Estos resultados coinciden con los obtenidos en el Instituto Rioagrandede del Arroz (IRGA) en 1999, cuando se evaluaron algunos híbridos provenientes de la compañía Rice Tec Inc., presentando el mismo problema (Rice Tec 2000).

Los valores de centro blanco y yeso de los híbridos fueron elevados, en comparación con las variedades locales, lo cual implica prestar mayor atención al momento de escoger los padres para formar la combinación híbrida, ya que se ha demostrado que estas características pueden mejorarse si se selecciona al menos uno de los padres con buenas condiciones de molinería en condición dominante (Virmani 1996).

En cuanto a rendimiento se refiere, los híbridos superaron a las variedades e híbridos locales en 17%, lo cual fue dado por una mayor longitud de panículas, mayor número de granos por panícula y fertilidad de las espiguillas (Pérez 2001).

Conclusiones

- Las combinaciones híbridas evaluadas presentaron heterosis, lo cual hace esta tecnología promisoría, en especial para incrementar rendimiento.
- Con los híbridos se puede obtener menor período vegetativo, sin que ello conlleve detrimento del rendimiento.
- Para efectuar buenas combinaciones híbridas es necesario tener bien caracterizado las líneas A y B, restauradores e híbridos, principalmente en relación con la calidad molinera y culinaria, VHB, tagosodes, piricularia y rizoctonia.
- Con la experiencia de otros países en la producción comercial de híbridos es posible efectuarla utilizando la siembra directa, siempre y cuando se asignen áreas permanentes exclusivas para la multiplicación de cada línea.
- Uno de los principales obstáculos para desarrollo de híbridos en el hemisferio occidental es el costo de la semilla para el agricultor. Sin embargo, se estudian diversas alternativas con el fin de reducirlo. Nuevas herramientas como la biotecnología y el uso de esquemas complementarios como la selección recurrente y el cultivo de anteras, se utilizan para mejorar la eficiencia del método.

Arroces para otros usos

La calidad de arroz es un concepto que varía no sólo con las costumbres y necesidades de los diferentes países, sino también con los usos que se le den, tanto en el hogar como en la industria.

Los molineros prefieren granos de arroz de buen tamaño, que no se quiebren fácilmente y que no tengan su aleurona fuertemente coloreada; algunos industriales requieren un arroz con almidones que puedan convertirse en gelatina o puedan ser fermentados. Es posible considerar, por lo tanto, que el arroz posee tres diferentes tipos de calidad industrial: calidad molinera, culinaria y nutritiva.

Las variedades que se producen en el país, como se ha mencionado anteriormente, poseen características adecuadas a la producción de arroz pulido para consumo directo o arroz de mesa.

Actualmente, motivado a las políticas gubernamentales de promoción del consumo de productos derivados del arroz, se ha generado una demanda por variedades de arroz con características determinadas y diferentes a las

actuales, cuyos granos permitan obtener harinas de arroz de mayor calidad y menor costo. El arroz que se utiliza para la elaboración de productos derivados, como la harina de arroz, se obtiene a partir del grano partido, subproducto de la producción de arroz de mesa. Este grano partido no posee las características físico-químicas más idóneas para la elaboración de productos de mejor calidad. Para ello se requiere de arroces que puedan ser útiles para otros fines como lo es la industria de transformación.

Las características principales de las variedades destinadas para estos usos, implican contenidos de amilosa distintos a los de variedades de mesa, es decir, con valores bajos para la obtención de harinas, y altos, para la elaboración de pastas; lo que los caracteriza por ser arroces de grano blanco opaco. Además deben presentar altos rendimientos, para garantizar la obtención de productos competitivos a menor costo.

Estas razones han originado la necesidad de incluir en los programas de mejoramiento del INIA y las instituciones que, de manera conjunta, trabajan en el mejoramiento genético de arroz, la evaluación de germoplasma con características apropiadas al uso industrial de los granos, en las principales regiones arroceras del país, con la finalidad de producir variedades de arroz para uso industrial.

Actualmente, dentro del programa de mejoramiento del INIA, al mismo tiempo que se evalúan y seleccionan cultivares para consumo de arroz de mesa, se identifican materiales para otros usos, los cuales se caracterizan por presentar excelentes características agronómicas, altos rendimientos y contenidos de amilosa inferiores a 23% (bajos) o superiores a 31% (altos). Posterior a la identificación de estos cultivares, se realizan dos actividades paralelas, correspondientes a la evaluación en campo e identificación del uso agroindustrial específico para cada uno de ellos.



Capítulo VII

Aplicación de la Biotecnología en el Mejoramiento del Arroz

La investigación venezolana ha logrado avances notables en la obtención de nuevas variedades mediante el mejoramiento de germoplasma. Las variedades mejoradas de arroz permiten a los agricultores producir el cultivo en forma más eficiente y a un costo unitario más bajo. Las nuevas variedades de arroz benefician también al medio ambiente, pues tienden a disminuir el uso de plaguicidas y reducen la presión para incorporar nuevas tierras a la producción de arroz.

Los objetivos del Programa Nacional de Mejoramiento de Arroz incluyen la obtención de cultivares adaptados con características de alto potencial de rendimiento, buena calidad de grano, fortaleza del tallo, reacción de resistencia a piricularia (*Pyricularia grisea*), virus de la hoja blanca (VHB) y sogata (*Tagosodes orizicolus*) (Álvarez *et al.* 2000).

La biotecnología agrícola ofrece un amplio espectro de oportunidades para aumentar la productividad, entre ellas la producción de biopesticidas, las técnicas de cultivo de tejidos, las técnicas avanzadas de biología molecular, la transformación genética y el análisis genómico asociado al mejoramiento genético y al diagnóstico de enfermedades.

En la última década, el programa tradicional de mejoramiento de arroz en Venezuela ha sido apoyado en forma creciente por el uso de herramientas biotecnológicas implementadas por la Unidad de Biotecnología Vegetal del CENIAP, como cultivo de anteras, uso de la selección asistida por marcadores moleculares y la identificación de razas de los patógenos más importantes, con la reacción en cadena de la polimerasa (PCR= Polymerase chain reaction, por sus siglas en inglés).

La Unidad de Biotecnología Vegetal (UBV) del CENIAP tiene como objetivos:

1. Desarrollar y adaptar biotecnologías para fortalecer los programas de mejoramiento genético del INIA, mediante la identificación de

marcadores bioquímicos y moleculares, incorporación de genes de resistencia a factores bióticos y abióticos, haciendo uso de variaciones somaclonales, mutaciones inducidas y/o transformación genética, y la obtención de plantas haploides o doble-haploides.

2. Servir como laboratorio de referencia para el desarrollo de técnicas biotecnológicas.

3. Capacitar y asesorar a estudiantes de pre y postgrado, técnicos medios, técnicos superiores y otros profesionales universitarios (Albarrán *et al.* 2004; documento interno). En la actualidad se aplican al arroz las técnicas de cultivo de anteras, variación somaclonal y marcadores moleculares.

Cultivo de anteras

El cultivo de anteras de arroz fue señalado por primera vez por Niizeki y Oono en 1968, siendo éste el primer informe exitoso de la obtención de una planta haploide regenerada en cereales (Figura VII-1).

El uso de la técnica de cultivo de anteras *in vitro* presenta algunas ventajas, comparada con los métodos tradicionales de mejoramiento. Sin duda, una de las mayores es la simplicidad del método. La técnica ha sido utilizada en especies cultivadas como trigo, arroz, cebada, maíz y papa (Withers y Alderson 1986). Como cada cruzamiento genera una planta híbrida F_1 , cada grano de polen constituye una gameta diferente. Así, una población de plantas doble-haploides (DH) provenientes del cultivo de anteras, representará la variabilidad genética de la población F_2 , siendo las plantas DH genéticamente homocigotas.

Otras ventajas es la economía en el tiempo necesario para la obtención de líneas puras, lo cual reduce el tiempo en obtener las generaciones cuando

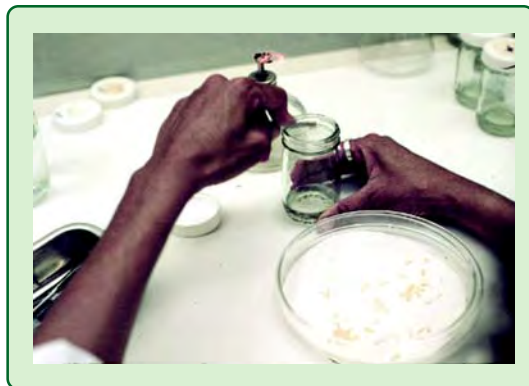


Figura VII-1. Proceso de extracción de anteras.

se está procurando ampliar la diversidad en los reservorios genéticos. Hay economía de recursos financieros y materiales, al no requerir grandes áreas de siembra, ni otros costos de producción y aumento de la eficiencia de selección, tanto en caracteres cualitativos como cuantitativos, facilitando la selección de los genotipos superiores.

Entre las desventajas se puede mencionar una alta dependencia del genotipo. Los genotipos *Indica* han mostrado hasta ahora poca respuesta a la inducción de callos, observándose la necrosis temprana de las anteras y un desarrollo pobre de los callos, mientras que los *Japonica* de secano presentan generalmente bajo porcentaje de regeneración de plantas verdes (factible de superar si se utiliza el medio adecuado). Además, el costo inicial de equipamiento de un laboratorio de cultivo de anteras puede ser relativamente alto. Sin embargo, a mediano plazo, esta inversión puede ser recuperada si se considera la reducción de alrededor de 30% en costos de desarrollo de un material empleando cultivo de anteras versus usando el método de pedigrí solamente (Sanint *et al.* 1993). Esta dependencia genotípica de la respuesta *in vitro* ha obstaculizado la adopción amplia del cultivo de anteras de arroz como herramienta rutinaria en el mejoramiento. En otros cereales también se han encontrado diferencias genotípicas en la producción de plantas verdes en la aplicación práctica de la técnica (Figuras VII-2, VII-3 y VII-4).

En la UBV se estandarizó el protocolo de cultivo de anteras desarrollado en el CIAT (Lentini *et al.* 1991, 1994). Durante el período 1993-1997 se procesaron alrededor de 243 materiales procedentes del Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Portuguesa, así como ocho materiales de la Fundación DANAC, ubicada en San Javier, estado Yaracuy (Pérez-Almeida 1998).

Variación somaclonal

La variación somaclonal es un fenómeno que se presenta durante el cultivo *in vitro*, cuyo origen y naturaleza son diversas, quizá originada por mutaciones de punto (Bouharmont *et al.* 1991). Algunas de las modificaciones de caracteres pueden ser de interés agronómico, aunque pocas han sido aplicadas en el mejoramiento varietal. Existen dos maneras de aprovechar estas variaciones somaclonales. Primero, a través de la selección de la población regenerante a partir de cultivos celulares. La segunda forma, mediante la selección de líneas celulares que resultan resistentes a algún estrés de tipo físico o químico. En arroz se ha usado esta segunda forma, para seleccionar materiales más tolerantes a condiciones de alta salinidad, toxicidad por aluminio y estrés por frío. Variantes somaclonales producidos



Figura VII-2. Callitos creciendo en medio de inducción.



Figura VII-3. Callos regenerando plantitas de arroz.



Figura VII-4. Plantas regeberadas de arroz sobre medio sólido

en el Laboratorio de Cultivo de Anteras del CIAT han sido evaluados por el Plan Nacional de Mejoramiento Genético de Arroz (Torrealba *et al.* 2000). Algunos de ellos presentaron mejores características de calidad de grano (mayor porcentaje de grano entero, reducción en centro blanco y yeso, mejor temperatura de gelatinización) y otros, resistencia al daño por sogata y al VHB. Actualmente algunas líneas derivadas de estos materiales se evalúan con ayuda de técnicas de PCR para probar su identidad genética (Torrealba 2004, comunicación personal).

Marcadores moleculares

Para el año 2000 se informó acerca del primer esfuerzo de secuenciación del genoma del arroz (Sasaki y Burr 2000, Barry 2001). La compañía Monsanto produjo un borrador del genoma usando el cultivar Nipponbare, una variedad *Japonica* usada ampliamente por el Instituto Internacional de Investigaciones en Arroz (IRRI, Filipinas), como apoyo a sus programas de investigación en materia genómica y mejoramiento de plantas. Además de ser uno de los cultivos alimenticios más importantes del mundo, el arroz es el modelo genético para los cereales. Existe una relación de sintenia entre el arroz y otras especies gramíneas, incluyendo maíz, trigo, cebada, sorgo y otros (sintenia se refiere a la conservación del orden génico, o sea, la posición de los genes en el genoma). Por tanto, al acumular información detallada acerca del genoma del arroz, se avanza simultáneamente en los esfuerzos globales para mejorar otros cultivos.

El Proyecto Internacional para la Secuenciación del Genoma del Arroz, un consorcio internacional cuya meta es completar la secuenciación del genoma del arroz (International Rice Genome Sequencing Project - IRGSP¹), compuesto por países de Asia, Europa, Norte y Suramérica, puso a la disposición del público una secuencia más refinada del genoma, en diciembre de 2002 (Goff *et al.* 2002; Yu *et al.* 2002). Así, Japón estuvo a cargo de secuenciar los cromosomas 1, 2, 6, 7, 8 y 9, casi la mitad del genoma; Estados Unidos de Norteamérica, cromosomas 3, 10 y 11; China, cromosoma 4; Taiwan, cromosoma 5; Francia, cromosoma 12 y una región duplicada del 11 y Corea, Tailandia, Brasil e Inglaterra, regiones específicas de los cromosomas 1, 2, 9 y 11, disponible para los investigadores². Las secuencias también han sido depositadas en el Banco de Genes³ y para finales de 2005 se espera tener la secuencia completa del genoma.

¹ Disponible en: <http://rgp.dna.affrc.go.jp/Seqcollab.html>

² Disponible en: <http://www.rice-research.org/>

³ (GenBank, disponible en: <http://www.ncbi.nih.gov>)

Existen tres tipos de marcadores que se pueden emplear en la selección e identificación varietal: los marcadores morfológicos, los bioquímicos y los moleculares. Los morfológicos son fáciles de ver, pero tienen como principal inconveniente que hay un bajo número de ellos, la mayoría son dominantes, puede haber problemas de epistasia (epistasia = interacción génica en la cual un par de alelos inhibe la manifestación de otros pares) y su expresión no siempre es temprana en el desarrollo.

Los marcadores bioquímicos, basados en la generación de patrones electroforéticos isoenzimáticos, se caracterizan por su simplicidad, mínima cantidad del material en estudio, bajo costo y una cobertura del genoma de 10-20 loci por especie, ausencia de epistasis e influencias ambientales. Entre sus desventajas se incluye un nivel bajo de polimorfismo al presentar pocos alelos por locus, especialmente cuando la base genética es estrecha. Para aumentar la eficiencia de la técnica ante este factor, deben identificarse los estados de desarrollo de la planta durante los cuales la proteína es estable. Además, al igual que con las proteínas de reserva, las isoenzimas pueden o no reflejar los cambios genéticos que ocurren en el ADN, además sólo un set de genes estructurales está representado en estas proteínas, vale decir, sólo parte del genoma se puede evaluar.

Los marcadores moleculares se basan en la amplificación del ADN o parte del mismo por PCR, como en el caso de los ADN polimórficos amplificados al azar o RAPDs (Random Amplified Polymorphism DNA) o en la generación de sitios de corte en la secuencia del ADN, como en el caso de los polimorfismos de longitud de fragmentos de restricción o RFLPs (Restriction Fragment Length Polymorphisms) y dentro de ellos se pueden diferenciar varios tipos. Con la ayuda de marcadores moleculares, es posible identificar caracteres útiles de tolerancia o resistencia a los principales tipos de estrés biótico y abiótico en el germoplasma silvestre de arroz, hacer cruzamientos interespecíficos y seleccionar germoplasma respecto a estos caracteres útiles.

Su uso ha revolucionado el mejoramiento tradicional aportando herramientas genómicas, que pueden utilizarse en la selección asistida por marcadores moleculares para el desarrollo de cultivares. Estos marcadores son particularmente útiles para la incorporación de genes que están altamente influidos por el ambiente y otros de difícil estudio como los que confieren resistencia a enfermedades, y para acumular múltiples genes para resistencia a patógenos específicos y plagas dentro del mismo cultivar (piramidización génica). El uso de los marcadores moleculares en lo que se denomina mejoramiento asistido, permite al fitomejorador el avance generacional más rápido, ya que a

⁴ Disponible en: <http://www.gramene.org>

través del uso de PCR se puede detectar si el gen está presente en las líneas evaluadas en generaciones más tempranas durante el proceso de mejoramiento.

En la actualidad, a través de una iniciativa internacional, se han construido mapas moleculares detallados que incluyen miles de marcadores moleculares, bases de ESTs y librerías genómicas de arroz. El trabajo conjunto del IRRI y la Universidad de Cornell, produjo un mapa de cromosomas de esta gramínea⁴, donde se ubican marcadores moleculares que determinan las características útiles de la planta con respecto a la tolerancia de la sequía, resistencia a plagas y enfermedades, entre los cuales resalta la marcación de genes que controlan la resistencia al virus de la hoja blanca y al hongo *Pyricularia*.

Haciendo uso de la técnica denominada «huella dactilar» o *fingerprinting*, y con la colaboración del FLAR (Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego), en el año 1995 se emprendió el proyecto «Identificación y caracterización de razas y linajes genéticos del hongo *Pyricularia grisea* en Venezuela», para identificar las poblaciones de *Pyricularia* en áreas endémicas de los estados Portuguesa, Guárico, Barinas y Cojedes, en términos de razas y compatibilidad con genes de resistencia conocidos, así como caracterizar los aislamientos de *P. grisea* obtenidos en las zonas endémicas en linajes genéticos utilizando la técnica de *fingerprinting*, se estableció en campo la siembra de ocho diferenciadores internacionales y once variedades comerciales liberadas en Venezuela. De cada uno de los cultivares se procedió a realizar aislamientos monospóricos de las hojas que presentaron lesiones típicas de *P. grisea*. Una vez crecidos los aislamientos se preservaron para su posterior utilización, tanto para la caracterización de razas como de linajes genéticos. La caracterización de los linajes genéticos se logró con la ayuda de la técnica de *fingerprinting* en la cual se recurre a una sonda de ADN conocida como MGR-586, obtenida del genoma de *P. grisea*. A los aislamientos obtenidos se les extrajo el ADN y se determinaron sus patrones por la asociación ADN-MGR586, que permite agrupar a los aislamientos de *P. grisea* de acuerdo con el grado de similitud de los patrones obtenidos. Con la utilización de esta metodología se logró identificar siete linajes para Venezuela (Cardona 2004, comunicación personal).

Perspectivas

En los últimos años, el desarrollo de cultivos modificados por la transferencia de genes o transformación genética intra o inter especie a la

⁵ Disponible en <http://www.eufic.org/de/tech/database/rice.htm>

otra ha cobrado un fuerte impulso gracias a la metodología de ADN recombinante que permite insertar genes entre especies en poco tiempo. Ejemplo de la aplicación de la tecnología al mejoramiento de los cultivos son las investigaciones que se han realizado para incorporar la provitamina A al arroz dorado o 'golden rice' (Potrykus 2001, Hoa *et al.* 2003). En teoría, la alimentación con estas variedades de arroz permite reducir el riesgo de ceguera en grandes grupos de población del mundo que se alimentan a base de este cereal.

Recientemente se obtuvieron en Tailandia dos variedades de arroz enriquecidas con hierro que pueden desarrollarse y utilizarse en la lucha contra la anemia en la población de bajos recursos⁵. El uso de la ingeniería genética al incrementar el contenido de hierro en estas variedades, mejora la calidad nutritiva de este cereal.

Otras técnicas susceptibles de ser aplicadas son el rescate de embriones a partir de cruces interespecíficos, lo cual crearía nuevos genotipos con tolerancia a las principales plagas y enfermedades del arroz, puesto que, en general, las especies silvestres poseen genes de resistencia a enfermedades, insectos y factores del medio ambiente, y la micro propagación dentro del proceso de producción de semilla para conservación de la pureza genética de la variedad, para el saneamiento de enfermedades como la hoja blanca, piricularia, raquitismo, carbón y otras. El hecho de obtener plantas libres de las enfermedades mencionadas, no quiere decir que sean inmunes a las mismas, dependiendo esto del medio ambiental y la resistencia genética de cada una de las variedades.

La aplicación de toda estas herramientas biotecnológicas, se podrá cambiar el escenario del arroz en dos áreas prioritarias:

1. La protección del cultivo contra el estrés biótico y abiótico.
2. La modificación del concepto de producción mediante la obtención de materia prima de mayor calidad para generar productos de mayor valor agregado (galletitas, pan de molde, pasta, almidones, plásticos biodegradables, entre otros).



Capítulo VIII

Preparación de Suelos y Sistemas de Siembra

La preparación de suelos en arroz constituye un paso fundamental para el desarrollo del cultivo. El ambiente de una buena germinación, la eficiencia y efectividad de las labores posteriores de fertilización, control de malezas y manejo del agua, están estrechamente relacionadas con los métodos de preparación de suelos. Los objetivos que se debe perseguir con la preparación de suelos arroceros son los siguientes:

1. Mantener o mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, para ser utilizado en monocultivo de arroz o en sistemas de rotaciones del arroz con otros cultivos.

2. Permitir un manejo integrado de plantas dañinas, insectos-plaga y enfermedades, mediante labranzas que persigan integrar lo que ocurre en el cultivo de arroz en relación con alelopatía, sinergismo, antagonismo, convivencia, control y rotaciones.

3. Lograr realizar las labores posteriores a la labranza, como siembra, fertilización, control de malezas, en condiciones de eficiencia y efectividad en el trabajo realizado.

4. Facilitar un buen desarrollo de la planta de arroz o de las rotaciones establecidas, en relación con germinación, emergencia de plántulas, buen enraizamiento, uso eficiente de agua y nutrimentos, drenaje y el riego.

5. Utilizar eficientemente las fuentes de energía y potencia de tractores, implementos y otros aditamentos, manteniendo la productividad de las maquinas involucradas en la labranza, el consumo específico de combustible, seguridad, calidad y eficiencia de labores mecanizadas.

Métodos de preparación de suelos

Preparación de suelos en seco

Corresponde a la labranza convencional realizada en Venezuela, donde se utilizan rastras pesadas de discos (bigrome), rastras medianas y livianas, rodillos desterronadores, microniveladores, palas de montaje trasero y delantero. Generalmente el laboreo se inicia con un pase de bigrome, varios pases de rastra de discos, micronivelación con land plane o con palas activadas a rayos láser y uno o varios pases de rodillo desterronador. Este método se realiza antes de iniciarse el período de lluvias, en unidades de producción con baja presión de maleza; y en condiciones donde la precipitación es suficiente para suplir las necesidades del cultivo en las primeras fases de desarrollo.

Preparación de suelos en fangueo o batido

Consiste en la preparación de suelos inundados. Inicialmente es nivelado el suelo en lotes o paños, mediante niveladoras mecánicas o a sistema de rayos láser, marcando o levantando las curvas de nivel o los muros, según sea el método de riego a utilizar.

Luego de realizar pases de bigrome o de rastra mediana, el suelo es inundado con lámina de agua entre 5 a 15 cm. Se procede al laboreo del suelo inundado mediante tractores e implementos enganchados tanto a la barra de tiro como al enganche de tres puntos, como rotovadores o rotovators, «yonas» o arados rastra, cuerpos delanteros de rastras livianas, perfiles o láminas de hierro para desagregar el suelo o nivelarlo.

En algunas regiones se utilizan ruedas de hierro o «cestas» en el tractor, dando dos a tres pases de rotovador con la finalidad de mantener partículas de suelo en suspensión y sedimentar semillas de malezas (Figura VIII-1). Algunas fincas drenan los paños para facilitar la germinación de otras plantas dañinas, vuelven a inundar el suelo y repiten las operaciones de pases de rotovadores hasta lograr las condiciones del suelo para la siembra. El fangueo es muy utilizado en los llanos occidentales de Venezuela, con la desventaja de la gran cantidad de maquinaria utilizada y del deterioro de los suelos.

En la región de los llanos centrales, prevalece el fangueo como forma de preparación del suelo. La desagregación del suelo en esta región se realiza con el arado-rastra llamada «yona», que permite cortar e incorporar la cobertura y voltear el suelo. Peña *et al.* (1996) estudiaron en suelos mantenidos en fangueo en los llanos occidentales, durante más de 15 años, el efecto de la labranza sobre la resistencia mecánica, la densidad aparente y el contenido



Figura VIII-1. Tractor con ruedas de hierro o «cestas».

de nutrimentos en el suelo y determinaron que el fangueo altera los contenidos de nutrimentos y su distribución en el suelo, y deteriora las propiedades físicas del suelo, tal como se indica en el Cuadro VIII-1.

Cero labranza

Es una tecnología alternativa a los sistemas de fangueo, de uso frecuente en países tropicales y subtropicales como Brasil, Argentina, Uruguay, Bolivia y Colombia. En Venezuela se evaluó el método de cero labranza (SD) durante los años 1994, 1995 y 1996 (Peña *et al.* 1996), mostrándose ventajoso en relación con el fangueo; con mayor rendimiento en granos, mayor aporte de biomasa y mayor altura de planta. La relación costo-beneficio fue en SD de 0,52:1, para invierno del año 1995, mientras en batido fue de 0,46:1; para el invierno del año 1996 fue 0,81:1 en SD, y de 1,30:1, para batido (Cuadro VIII-2).

El método consiste en descompactar el suelo mediante un vibrodescompactador o un arado de cincel. La siembra y la fertilización se realizan mediante el uso de la sembradora de siembra directa. En vista de la dificultad de utilizar la sembradora de siembra directa durante el período seco, debido a que en los tanques o paños se encuentra el suelo saturado, se ha probado la siembra manual o con la sembradora al voleo, con resultados satisfactorios. La incorporación de la cobertura vegetal y el control de malezas se logra a través de herbicidas aplicados en presiembra o con implementos de manejo de coberturas, como la rotativa vertical o desbrozador.

Cuadro VIII-1. Propiedades del suelo afectadas por el batido.						
Profundidad del suelo (cm)	Propiedades físicas y químicas del suelo					
	P (ppm)	K (ppm)	MO (%)	CE (dS/m)	Da (Mg/m ³)	RM (MPa)
0 – 5	50 ^a	108 ^m	4,3	1,2 ^a	-	-
5 – 10	49 ^a	100 ^m	4,1	0,3 ^b	1,2 ^m	0,3 ^m
10 – 20	42 ^a	48 ^b	3,8	0,3 ^b	1,4 ^a	0,9 ^a
20 – 40	9 ^{mb}	18 ^{mb}	1,2	0,4 ^b	1,5 ^a	1,0 ^a

• Se encontró alta concentración de P, y categoría media de K, en los primeros 10 cm de suelo, observándose tendencia a disminuir en el estrato de 10 a 20 cm.

• En los primeros 5 cm del suelo se determinó alta concentración de sales.

• La materia orgánica resultó alta hasta 20 cm de profundidad.

• La densidad aparente mostró valores entre 1,38 – 1,51 Mg/m³ a la profundidad de 10 cm, indicando que la labranza y el batido han ocasionado compactación.

• La resistencia mecánica fue de 0,9 Mpa en la profundidad de 10 cm, y el espesor de la capa compactada fue de 4 cm ubicada a 12 cm.

• La actividad biológica del suelo fue baja en el perfil estudiado. Se observó abundancia de raíces de arroz y malezas solamente hasta 8 cm.

Cuadro VIII-2. Comparación entre siembra directa y batido. Cultivo del arroz. INIA. Estado Portuguesa. Venezuela. Años 1995 a 1997.						
Índices evaluados	Invierno 1995		Invierno 1996		Verano 1996 – 1997	
	Batido	SD(*)	Batido	SD	Batido	SD
Rendimiento en granos 12% de humedad (kg/ha)	5.437	5.823 ns	3.592 b	6.392 a	4.567 b	5.157 a
Biomasa de arroz incorporada al suelo(t/ha)	11.2	14.6	4.52 b	13.7 a	-	-
Altura de planta a cosecha (cm)	65	72	61.8 b	87.5 a	50.7 a	40.7 b
Relación costo-beneficio	0,46:1	0,52:1	1,30:1	0,81:1	-	-
P < 0,05						
(*) Primer año de implantación de siembra directa ns = no significativo						
Fuentes: Peña, J. 1997 Informe Anual Fonaia. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Portuguesa; Peña, J.; Velásquez, L.; Araujo, D.; Pieruzzini, N. 1996. Evaluación del sistema de siembra directa en el cultivo del arroz en el estado Portuguesa. XIV Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Memorias. Trujillo, Venezuela.						

Esta tecnología ha sido aplicada por algunos agricultores de los llanos occidentales y en el Sistema de Riego Río Guárico. Sin embargo, se requieren más evaluaciones relacionadas con el manejo de residuos y en fertilización nitrogenada para que dicha tecnología pueda ser adaptada a las condiciones de infraestructura existente en los sistemas de labranza convencional en Venezuela. En condiciones de áreas nuevas de desarrollo para siembra de arroz, es recomendable el uso de esta tecnología de siembra directa para evitar el deterioro de suelos.

Mínima labranza o «siembra directa»

Consiste en minimizar el número de pases de implementos. En algunas fincas de los llanos occidentales se ha venido practicando este método, mediante la disminución a uno o dos pases de rotovadores, utilizando una mayor velocidad de rotación de las aspas. Las nuevas tecnologías que se han producido en esta última década en relación con la aparición de herbicidas específicos, han permitido también que se disminuya el número de pases de rastra u otros implementos y se utilicen herbicidas en presiembra que sustituyan la alta mecanización.

Métodos de siembra

Métodos de siembra durante el período de lluvias

En los llanos occidentales, la mayor superficie de siembra corresponde al período de lluvias. A los efectos la labranza de tierras se realiza entre los meses de febrero y mayo.

Una vez realizada la preparación del suelo convencional, mediante fangueo, se procede a drenar los paños y sembrar al voleo la semilla pregerminada. Otras formas de siembra utilizadas son:

1. Siembra de semilla seca sobre lámina de inundación, drenando el campo a las 24-48 horas después de la siembra.

2. Siembra de semilla pregerminada sobre lámina de inundación, previa aplicación de un herbicida preemergente. Utilizada en áreas con problemas de alta incidencia de malezas, manteniéndose la inundación durante cinco o seis días y drenando el campo antes de realizar la siembra.

3. Siembra de semilla seca esparcida al voleo y realizada a continuación de la labranza convencional, incomparándola al suelo mediante un pase de rastra. Utilizada en áreas de poca incidencia de malezas.

En la Región de los Llanos Centrales, prevalece la siembra con semilla pregerminada después del fangueo. La distribución de la semilla se hace sobre lámina de agua, se drena de inmediato o también se siembra sobre el fango después de drenar.

Existen también otras formas de siembra:

1. Siembra de semilla seca sobre suelo preparado en seco, incorporando la semilla con un pase de rastra.
2. Preparación de suelos en seco y al iniciarse el período lluvioso se realiza el control de malezas, procediendo de inmediato a la siembra de semilla pregerminada.

Métodos de siembra durante el período seco

En los llanos occidentales se reduce la superficie sembrada durante esta época, en comparación con el período lluvioso. La preparación de suelos y siembra se desarrollan entre los meses de septiembre y diciembre. La labranza convencional es menos intensa que en el período lluvioso y la modalidad de preparación de suelos que predomina, requiere de la quema de soca del cultivo anterior de arroz, inundación, dos pases de rastra pesada o dos pases de rastra de levante hidráulico, dos pases con ruedas de hierro o «cestas» y/o rodillo y un pase de alisador. Se drena el campo y se procede a la siembra de semilla pregerminada.

En los llanos centrales la superficie de siembra durante el período seco es mayor, debido al uso de agua del Sistema de Riego Río Guárico, predominando la siembra de semilla pregerminada.

Los implementos utilizados para la siembra son las avionetas, como la presentada en la Figura VIII-2, sembradoras al voleo, sembradoras de siembra directa (cuando se utiliza el método de cero labranza) y sembradoras de labranza convencional.



Figura VIII-2. Avioneta utilizada en labores de siembra y tratamientos agroquímicos.

En los llanos occidentales se está utilizando a nivel comercial el sistema de trasplante, mediante la siembra en invernaderos y el uso de la trasplantadora. Es conveniente señalar que este sistema de trasplante es denominado siembra directa en la literatura científica proveniente de los países asiáticos.

En relación con las formas de preparación de suelos y modalidades de siembra señaladas, se destaca la existencia de una gran variabilidad en lo que concierne a la utilización de implementos en la región de los llanos occidentales, particularmente para el período de lluvias.

Independientemente de los efectos de la preparación mecánica sobre las propiedades físicas del suelo, es importante la incidencia de esta labor en los costos de producción, sobre todo en lo que atañe a la reparación y reposición de maquinarias y equipos; y por sobre ello, se mantiene la situación de que, desde el punto de vista técnico, se desconocen efectivamente las bondades de las modalidades utilizadas.

Con frecuencia, la práctica del batido observa una secuencia de actividades que contrasta con la metodología recomendada al efecto, sobre todo en lo que respecta a la premura con que se realiza en ocasiones, lo que interfiere en el logro de los objetivos de la preparación.

Reiterando lo señalado en relación con la práctica de siembra directa, no hay duda de que la misma se mantiene como sistema de producción alternativo, y su adopción e incremento serán factibles en la medida en que se difunda el impacto de sus beneficios.



Capítulo IX

Nutrición y Fertilización en Arroz

Generalidades

La fertilización es una práctica milenaria que busca restituir los elementos que extrae la cosecha y evitar así el empobrecimiento de los suelos.

La fertilización del arroz es práctica fundamental para obtener mejores rendimientos. Los requerimientos del cultivo en este sentido, varían en función de las condiciones y características del medio de producción; por ello, las recomendaciones respectivas se hacen atendiendo a las necesidades regionales donde se explota el cereal.

Respecto a la modalidad del riego predominante en nuestro país y en torno a la fertilización del cultivo, se puede señalar que la práctica de inundación del campo crea en el suelo condiciones anaeróbicas que influyen en la disponibilidad y aprovechamiento de nutrimentos por la planta.

Los elementos que aumentan su disponibilidad en suelos inundados son: fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro y manganeso. Los que la disminuyen son: silicio, azufre, cobre y zinc.

Las deficiencias más comunes en suelos arroceros corresponden a nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y zinc. Las menos comunes son las de magnesio, cobre, hierro, manganeso y silicio.

Todos los elementos mencionados son esenciales en mayor o menor grado, para el normal desarrollo del arroz; sin embargo, salvo situaciones particulares, la aplicación actual de fertilizantes se orienta sólo hacia la suplencia de nitrógeno, fósforo y potasio (N-P-K).

Nutrición mineral

Nitrógeno

El nitrógeno es el elemento clave para la productividad de todos los cereales y en arroz reviste mayor importancia desde el punto de vista de su aprovechamiento o eficiencia de utilización por la planta, por cuanto su aplicación está sujeta a diversos procesos de pérdidas, de no manejarse adecuadamente, ya que en todo caso la eficiencia con que la planta utiliza el fertilizante nitrogenado está entre 20 y 40% del nitrógeno aplicado.

El nitrógeno es el componente esencial de la clorofila, impulsa el rápido crecimiento de la planta, favorece el macollamiento, aumenta el tamaño de las hojas y granos, aumenta el número y llenado de granos por panícula e incrementa el contenido de proteínas en el grano.

La deficiencia de nitrógeno en arroz conlleva a retardo del crecimiento, reducción del ahijamiento y eventualmente las hojas adquieren una tonalidad amarillenta.

La mayor proporción de nitrógeno que absorbe la planta hasta la floración se acumula en la hoja. Luego, aproximadamente, 50% del nitrógeno de toda la estructura vegetal se trasloca rápidamente hacia la formación del grano. La absorción de la otra mitad del nitrógeno acumulado en el grano se produce después de la floración.

La principal fuente de nitrógeno para el arroz es el que está contenido en la materia orgánica. Este es derivado del agua de lluvia, el agua de riego o fijado por organismos autotróficos (algas verdiazules), heterotróficos (*Azotobacter*, *Clostridium*), simbióticos (asociación de *Azolla* y *Anabaena azollae*) y nitrógeno aplicado como fertilizante o residuos orgánicos.

Entre las formas de nitrógeno presentes en el suelo o como componentes del fertilizante y bajo las cuales es mayormente absorbido por la planta, se conocen dos tipos: la forma amoniacal (NH_4) y la forma nítrica o de nitrato (NO_3). El nitrógeno contenido en la urea, el sulfato de amonio o el fosfato diamónico corresponde a la forma amoniacal y a las formas nítricas corresponde el nitrato de amonio.

En suelos inundados el nitrógeno amoniacal es relativamente más estable y efectivo, en comparación con la forma nítrica, de gran susceptibilidad a perderse por lixiviación; razón que explica el uso más frecuente de la urea y el sulfato de amonio en la fertilización del arroz.

La estabilidad de las fuentes de nitrógeno tiene relación, en buena medida, con el efecto de oxidación a que son sometidas por la acción de grupos específicos de microorganismos del suelo.

En suelos inundados, el estudio del perfil destaca la existencia de una capa muy delgada (1 cm, aproximadamente), inmediata y por debajo de

la lámina de inundación, en la cual hay presencia de oxígeno y gran actividad de microorganismos. Esta capa se conoce como **zona de oxidación**.

Inmediatamente a esta capa superficial se encuentra otra más profunda, donde la saturación del suelo desplaza al oxígeno y restringe la actividad de microorganismos aeróbicos. Esta porción se conoce como **zona de reducción** del suelo.

En condiciones de inundación la conversión del nitrógeno orgánico llega hasta la formación de amonio. Tal mineralización se denomina **amonificación** y ocurre tanto en condiciones oxidadas como reducidas.

Con los fertilizantes amoniacales ocurre que gran parte del nitrógeno (NH_4) que contienen se desplaza hacia la zona de reducción, donde queda en buena medida a disposición de la planta; pero otra parte se mantiene en la zona oxidada donde se transforma en nitrato, proceso este conocido como **nitrificación** (u oxidación biológica del amonio a nitrato).

Los diferentes procesos de pérdidas de nitrógeno que ocurren en suelos inundados están relacionados con la ubicación de la fuente del elemento en una u otra de las capas mencionadas. Entre estos procesos se señalan la volatilización y la denitrificación.

Volatilización del amoniaco

El amoniaco (NH_3), un producto identificable de la mineralización del nitrógeno, es formado continuamente en un suelo inundado y se pierde en la atmósfera. Cuando se usa el amonio o fertilizantes amoniacales en campos sumergidos, gran cantidad de nitrógeno puede perderse por volatilización.

La volatilización del amoniaco está influenciada por diversos factores donde tienen importancia el pH del agua de inundación, el tipo de fertilizante aplicado y la textura del suelo. Pero, en todo caso, la pérdida de nitrógeno por esta vía puede restringirse ubicando el fertilizante en la zona de reducción del suelo. Esto se logra mediante la incorporación del fertilizante durante la preparación del terreno. Otra alternativa es colocar la urea en suelo seco y luego incorporarla a la zona reducida por acción del agua de riego en uno a dos días después de la aplicación.

Denitrificación

La denitrificación corresponde a la reacción de transformación que ocurre en la zona de reducción cuando los nitratos dan lugar a la formación de óxido nitroso (N_2O) y nitrógeno elemental (N_2), que se pierden fácilmente en la atmósfera.

Con los fertilizantes amoniacales ocurre que gran parte del nitrógeno (NH_4) que contienen se desplaza hacia la zona de reducción, donde queda en buena medida a disposición de la planta; pero otra parte se mantiene en la zona oxidada donde se transforma en nitrato. Este nitrato es desplazado hacia la zona de reducción donde ocurre la denitrificación ya descrita.

El proceso de la denitrificación también se produce sobre los nitratos presentes en el suelo para el momento de la inundación. A partir de las reacciones de transformación de la materia orgánica presente en la capa reducida, se desprende un derivado amoniacal que, al ser difundido hacia la capa de oxidación, también se nitrifica; proceso seguido de la denitrificación, al incorporarse a la zona de reducción, los nitratos formados.

Épocas de aplicación de fertilizantes nitrogenados

La época de aplicación del nitrógeno es muy importante para mejorar la eficiencia de utilización por la planta. Las aplicaciones fraccionadas son especialmente necesarias cuando el requerimiento total del elemento es alto y cuando es preciso evitar pérdidas en suelos livianos permeables. La época y métodos adecuados de aplicación de estos fertilizantes permiten reducir posibles pérdidas y favorece la eficiencia de recuperación por el cultivo.

La aplicación de nitrógeno en fases tempranas (como el inicio del macollamiento) debe realizarse sobre la superficie seca del suelo, justo antes de establecer la lámina de agua en el campo.

El nitrógeno aplicado al suelo húmedo permanece en la superficie y se puede perder por descomposición de los microorganismos presentes. Cuando se aplica sobre la lámina de inundación queda sujeto a la descomposición microbiológica y a inmediatas pérdidas gaseosas.

Los resultados de investigaciones, referentes a épocas y etapas de crecimiento con mayor requerimiento de nitrógeno, son diversos. Pero una guía para la fertilización nitrogenada puede considerar una aplicación básica durante la preparación del terreno; seguida de dos reabonos a realizar, preferentemente, en las etapas de macollamiento e inicio de la formación de la panícula. Un tercer reabono, a la floración, podría ser factible si las hojas no presentan su color verde intenso.

La aplicación de nitrógeno total al momento de la siembra tiene la desventaja de inducir un crecimiento excesivo del follaje, a la vez que estimula el desarrollo de malezas. En caso de ser necesaria la aplicación de nitrógeno sobre la lámina de inundación, se recomienda suspender el suministro de agua una vez que ésta se estabilice en 5 a 10 cm; con lo cual se logra restringir la turbulencia del agua y en consecuencia, la pérdida de nitrógeno por volatilización.

Fósforo

El fósforo se encuentra asociado con el suministro y transferencia de energía en todos los procesos bioquímicos de la planta. Se considera estimulante del desarrollo radical y del macollamiento; favorece la floración y maduración temprana, sobre todo en condiciones de clima frío. También está involucrado con el desarrollo adecuado del grano y el mejoramiento de su valor nutritivo.

El contenido de fósforo en la mayoría de los suelos minerales es bajo (0,2 a 0,4%) y se encuentra en suelos inundados tanto en forma orgánica como inorgánica, siendo esta última la más importante. Los principales iones presentes en la solución del suelo son H_2PO_4 y HPO_4 , ambos absorbibles por la planta de arroz. Antes de la etapa de iniciación de panícula, la absorción del fósforo es lenta y luego se acelera hasta pasada la floración.

Durante la fase vegetativa y hasta floración, el fósforo se acumula en raíces y hojas. Posteriormente se traslada rápidamente al grano, donde se concentra 75% del fósforo absorbido por la planta.

La deficiencia de fósforo incide en el macollamiento y finalmente provoca la reducción del rendimiento. También produce alteración del metabolismo de la planta, reflejado en una coloración violeta de las hojas. El desbalance de deficiencia de fósforo con abundancia de nitrógeno puede manifestarse por la coloración verde oscura del follaje.

En la práctica de fertilización de arroz, el fósforo es aplicado regularmente en una sola dosis inicial. El fraccionamiento del elemento no es fundamental, debido a su gran movilidad desde las hojas viejas hacia las nuevas. Asimismo, su disponibilidad aumenta con la inundación del suelo y las pérdidas por lixiviación son bajas.

Potasio

La mayor disponibilidad de este nutrimento para la planta también está influenciada por la inundación del suelo. El potasio interviene en gran parte de los procesos bioquímicos del vegetal y en la activación de numerosos sistemas enzimáticos, incrementa el número de panículas/planta y el número de granos/panícula. También contribuye y mejora el tamaño y peso del grano, favorece la fortaleza del tallo (con lo que mejora la resistencia al volcamiento y la tolerancia al ataque de plagas y enfermedades), e influye en el proceso fotosintético y el mecanismo de transporte de sus productos.

La deficiencia de potasio afecta el crecimiento en general y reduce el macollamiento. Las hojas inferiores adquieren una coloración verde amarillento, intervenal, que se inicia en el ápice y se proyecta gradualmente hacia la base. También suelen aparecer manchas necróticas en la lámina foliar.

Los suelos arcillosos son la fuente principal de potasio en el suelo y su disponibilidad esta relacionada con la facilidad de las plantas para obtenerlo. Este elemento es absorbido bajo la forma de catión potasio (K^+) y es tomado durante el crecimiento del arroz hasta culminar la etapa lechosa, momento en que logra su máximo contenido en el grano. Sin embargo la mayor proporción del potasio absorbido del suelo y del fertilizante aplicado (aproximadamente 90%) se concentra en el follaje, reincorporándose al suelo a través de la preparación de tierras o la quema de la paja.

Las tierras arroceras requieren menos potasio, debido a que en gran parte son de naturaleza pesada (arcillosa) y contienen cantidades adecuadas del elemento. También porque el agua de riego aporta potasio y la inundación incrementa la concentración del elemento soluble, como consecuencia de las reacciones químicas que se producen con el hierro, el manganeso y el amonio. En el mismo sentido podemos decir que la alternancia de inundación y drenaje del campo favorece la liberación del potasio, siendo mayor su absorción por la planta bajo la primera condición.

La aplicación de potasio es recomendable en la fase final de preparación de tierras. No obstante, se obtienen respuestas al suministro en las diferentes fases de desarrollo.

En comparación con el nitrógeno y el fósforo, la respuesta al potasio en arroz ha sido muy limitada; pero en suelos livianos o donde la práctica de nivelación ha producido un corte importante del perfil del suelo, eventualmente se logran incrementos del rendimiento aplicando este nutrimento.

En términos generales, la respuesta a la fertilización con potasio tiene mejor perspectiva bajo las siguientes circunstancias:

- Cuando se hacen altas aplicaciones de nitrógeno.
- Si se siembra en suelos de mal drenaje.
- Cuando existen condiciones climáticas y fitosanitarias desfavorables.
- Si se siembra en suelos livianos, pobres en potasio.
- Cuando se presenta en el suelo exceso de calcio, manganeso o sodio, con respecto al potasio.

Azufre

El azufre se relaciona directa o indirectamente con muchos procesos de la planta y su deficiencia puede cambiar la composición química del vegetal. Es un factor constituyente de los aminoácidos, y por consiguiente interviene en la formación de proteínas y también apoya la síntesis de las vitaminas.

La deficiencia de azufre acusa en la planta síntomas similares a los de carencia de nitrógeno; es decir, amarilleo general de todas las hojas, reducción del crecimiento y baja capacidad de macollamiento, siendo difícil la diferenciación a simple vista, de una y otra deficiencia.

La deficiencia de azufre no es frecuente en arroz con riego de inundación. Sin embargo, la tendencia de mayor frecuencia de uso de la urea en lugar de sulfato de amonio, puede inducirla.

Entre los factores capaces de provocar esta deficiencia se enumeran la lixiviación, la erosión, la volatilización, la introducción de variedades de buen potencial de rendimiento (y, por lo tanto, proclives a una alta remoción del elemento), el incremento en la intensidad del cultivo y la quema frecuente de restos de cosecha.

La deficiencia de azufre puede corregirse aplicando sulfato de amonio en la fase inicial del macollamiento.

Micronutrientes

De los 16 elementos conocidos como esenciales para el crecimiento de la planta, boro, cloro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y zinc son requeridos en cantidades aproximadas de 5 a 10 mg/kg de materia seca. Recientemente los micronutrientes han adquirido importancia en el cultivo de arroz por las siguientes razones:

- Incremento en la intensidad de explotación de cultivos.
- Introducción de variedades con alto potencial de rendimiento.
- Desarrollo de tecnologías para detectar y corregir deficiencias.
- Respuestas a la aplicación de zinc.

Zinc

Haremos énfasis en los problemas de zinc en suelos inundados, dado que tal condición agrava su deficiencia, por lo que puede considerarse el desorden micronutricional más frecuente.

El zinc está asociado con la producción de auxinas y a la activación de muchas reacciones enzimáticas; también se relacionan estrechamente con el metabolismo del nitrógeno, con el macollamiento y el crecimiento de la planta.

Su deficiencia acusa un blanqueamiento de la nervadura central de las hojas en desarrollo, particularmente hacia la base. Si la insuficiencia es muy drástica ocasiona la muerte de la planta.

Los síntomas de deficiencia se hacen visibles dos a tres semanas después de la siembra, y aunque la planta se recupera espontáneamente entre seis y ocho semanas después de la inundación, finalmente se manifiestan retardos en la maduración y reducción de rendimientos.

La deficiencia de zinc en el suelo puede asociarse al efecto de profundos cortes realizados durante la nivelación de tierras, vista la afloración de horizontes con baja fertilidad que tiene lugar en estos trabajos.

El desarrollo de diversas reacciones químicas en la solución del suelo es señalado por diversos autores, como causa principal de la frecuente deficiencia de zinc en suelos inundados. De cualquier manera esta deficiencia suele producirse en los siguientes tipos de suelo: calcáreos, sódicos, salino-sódicos, orgánicos, volcánicos, ácido arenosos, con mal drenaje y alto contenido de fósforo disponible.

Los suelos arroceros deficientes en zinc tienen una o más de las siguientes características:

- Alto pH.
- Alto contenido de materia orgánica.
- Inundación prolongada.
- Alto contenido de fósforo disponible.
- Alta disponibilidad de silicio.
- Bajo contenido de zinc disponible.
- Bajo contenido total de zinc.
- Fuerte adsorción de zinc.
- Relación magnesio/calcio mayor que 1.

Un suelo que combine varias de estas características es muy perjudicial para el cultivo de arroz inundado.

La deficiencia de zinc en arroz de riego puede corregirse o prevenirse mediante las siguientes prácticas de manejo:

- Aplicación al suelo.
- Tratamiento de semillas.
- Aspersión foliar.
- Manejo del agua.
- Uso de abono orgánico.

En suelos con pH mayores a 6,8 o en suelos calcáreos, si el crecimiento del arroz es pobre debe aplicarse zinc para obtener altos rendimientos de grano. En suelos deficientes de zinc las aplicaciones de N-P-K solamente producirán rendimientos limitados hasta corregir esta insuficiencia.

La aplicación de zinc debe hacerse durante la preparación del terreno o en la época de establecimiento de plántulas, aunque se pueden obtener algunos beneficios con aspersiones foliares en la etapa de macollamiento.

Desórdenes nutricionales asociados con hierro

Estos desórdenes se corresponden con:

- Deficiencia de hierro en arroz de secano, en suelos con pH alto.

- Deficiencia de hierro en arroz inundado, en suelos de pH alto y bajo contenido de materia orgánica.
- Toxicidad de hierro en arroz inundado, en suelos fuertemente ácidos.

Deficiencia y toxicidad causada por hierro

Investigaciones en este sentido han sido ampliamente desarrolladas por el Instituto Internacional de Investigación de Arroz (IRRI). Deficiencias de hierro ocurren en suelos neutros o alcalinos y son más frecuentes en arroz de secano que en condiciones de inundación. En suelos calcáreos en condiciones de secano, el arroz puede mostrar síntomas severos de deficiencia de hierro; sin embargo, si se inunda el campo el arroz puede crecer normalmente. En lo que respecta a su abundancia, el hierro predominantemente regula la química de los suelos arroceros inundados. La principal razón para esta dominancia es la gran cantidad de hierro que sufre reducción (10 veces más que otros elementos), por lo que el cambio más significativo que ocurre en un suelo sumergido es la reducción de hierro férrico a hierro ferroso. Consecuentemente, la concentración de hierro ferroso soluble, el cual es insignificante en arroz de secano, se incrementa en suelos inundados, razón por la que en arroz de riego no es frecuente la deficiencia de hierro.

La principal causa de deficiencia de hierro es el pH alto. Los fertilizantes fisiológicamente ácidos como el sulfato de amonio y el sulfato fosfato de amonio (60 % sulfato de amonio y 40% fosfato de amonio) pueden disminuir el problema de la deficiencia de hierro. La aplicación de abono verde de fácil descomposición logra un pronto descenso de pH y un incremento simultáneo de la disponibilidad de hierro reducido en arroz de riego, constituyendo una vía económica y efectiva para controlar deficiencia de hierro.

La toxicidad causada por hierro es un desorden nutricional difundido en los suelos arroceros inundados, asociado con exceso de hierro en la solución del suelo y se presenta cuando la planta de arroz acumula hierro en las hojas, observándose los síntomas cuando la concentración supera los 300 ppm. Ocurre en suelos ácidos y es un factor limitante de crecimiento en los suelos sulfatoácidos. La producción de sulfuro de hidrógeno y sulfuro ferroso en los suelos sumergidos altamente reducidos, pueden contribuir a la toxicidad de hierro, dado que se afecta la capacidad oxidativa de las raíces, incrementándose la susceptibilidad de la planta a la toxicidad de hierro. En algunos casos en estos suelos se presentan ácidos orgánicos tóxicos debido a la descomposición de la materia orgánica.

Para corregir la toxicidad causada por hierro, se debe mejorar el drenaje tanto interno como superficial. La aplicación de cal, fósforo y potasio a menudo disminuye el problema. Otra sugerencia incluye el uso de urea en lugar de sulfato de amonio.

Boro

Aunque el boro es un elemento esencial para la planta de arroz, su concentración en la planta y en el suelo, a menudo tiende a ser más un problema de toxicidad que de deficiencia. Estudios del IRRI destacan que la toxicidad por boro es probable que ocurra en suelos sódicos, salinos y en suelos regados con agua que contengan más de 2 mg de boro por litro. Otro factor que causa toxicidad por boro es el mal drenaje. El límite crítico para toxicidad por boro es de 35 ppm en la planta y 5 ppm en el suelo, extraído con agua caliente. Los mismos estudios sugieren que la inundación y drenaje alternado ayudan a disminuir la concentración de boro en el suelo. En el caso de usar agua de pozo profundo que contenga más de 2mg de boro por litro, se recomienda mezclarla con agua superficial que no contenga boro, antes de regar el campo.

Cobre

Debido a la similitud del comportamiento químico del cobre y el zinc en suelos reducidos, la deficiencia de cobre es probable que ocurra en suelos arroceros deficientes en zinc. Ponnampertuma (1981) encontró evidencias de esto y propuso un nivel crítico en el suelo de 0,1 mg Cu/kg y un nivel en la planta de 5 mg por kg. El cobre está presente en el suelo en forma de óxidos, carbonatos, silicatos y sulfuros. La inundación disminuye la concentración de cobre en la solución debido a precipitación de hidróxidos, carbonatos y quelatos orgánicos.

Las investigaciones respectivas (IRRI 1980) recomiendan aplicar de 3-6 kg de cobre cada tres años en forma de sulfato de cobre para corregir deficiencias de este elemento.

Suelos sulfatoácidos

Por definición, suelos sulfatoácidos son todos aquellos que tienen en los primeros 50 cm un pH menor de 3,5 (entisoles) o 4,0 (inceptisoles), situación directa o indirectamente relacionada con la oxidación de la pirita (FeS_2).

Suelos potencialmente sulfatoácidos son aquellos en donde la pirita no ha sufrido oxidación, pero que, al drenarse, ocurrirá la oxidación y se convertirán en sulfatoácidos.

Los factores limitantes para la producción de arroz en estos suelos están relacionados con la toxicidad del aluminio y del hierro, alta acidez, deficiencia de fósforo y microelementos, baja respuesta a la fertilización y toxicidad de ácidos orgánicos, entre otros.

En el delta del Orinoco existen grandes áreas de suelos sulfatoácidos de bajo pH y altos niveles de aluminio intercambiable, cuya potencialidad para la explotación del arroz está en función de la aplicación de tratamientos especiales complementarios de la inundación.

Aunque los rendimientos de granos son muy bajos, los suelos sulfatoácidos pueden ser más productivos a través de prácticas apropiadas de fertilización, encalado, manejo de agua, uso de variedades tolerantes, prevención de acidificación y acumulación de sulfato a través de la reducción de los suelos. Sin embargo dichas prácticas son antieconómicas, por lo que se requiere subvención del Estado.

Prácticas de fertilización

Las recomendaciones de fertilización deben tomar en cuenta las características de los suelos de cada unidad de producción, la variedad a utilizar, la época de siembra, manejo del agua y el control de plagas. Las cantidades de fertilizante recomendadas deben ser consideradas como una guía y no como cantidades rígidas inmutables.

Una recomendación válida en cualquier explotación agrícola es la toma de muestras de suelo y su análisis con la finalidad de estudiar la fertilidad en laboratorios especializados. El INIA ofrece este servicio en las entidades respectivas de Araure, Calabozo y Barinas. Con esta información y las consideraciones relacionadas con el sistema de producción, la agroecología de la zona y los cultivares a sembrar, debe diseñarse el plan de fertilización a aplicar en cada ciclo de cultivo. El plan debe dar respuesta a los siguientes aspectos: qué fertilizantes aplicar, cuánto, en cuál momento y cómo se realizarán las aplicaciones.

En términos generales se plantean diversos esquemas de fertilización para la Región Central y los llanos occidentales, considerando que los requerimientos de cada zona tienen sus particularidades, sobre la base de condiciones edáficas, climáticas y de manejo, específicas de cada una.

Dentro de esta generalidad puede decirse que para la zona del Guárico los requerimientos de nitrógeno se estiman en 20 a 25% por sobre los utilizados en la Región Occidental. En este sentido, los valores de respuesta a la aplicación nitrogenada en arroz en la Región Central, se mantienen entre 120 y 150 kg de N/ha, mientras que en los llanos occidentales, varían entre 100 y 120 kg de N/ha (Rico 1997).

Por regla general, se recomienda no sobrepasar la primera porción del nitrógeno aplicado (aplicación básica), más allá de un tercio del total estimado para el ciclo de cultivo. Es importante destacar también que el momento oportuno, para efectos del segundo reabonamiento, es cuando el tamaño de la panícula en los tallos principales, haya alcanzado 5 mm aproximadamente (Yoshida 1981).

Los requerimientos de fósforo pueden estimarse en 60 a 80 kg de P_2O_5 /ha para el Guárico y entre 30 y 60 kg de P_2O_5 /ha para los llanos occidentales. Los valores generales para la aplicación de potasio se manejan entre 60 y 90 kg de K_2O /ha, para ambas zonas (Rico 1997).

Experiencias de agricultores

1. En el estado Portuguesa, un sector representativo de agricultores afiliados a la Asociación de Productores de Semillas de los Llanos Occidentales (Aproscello), en unidades de producción con dos ciclos consecutivos de siembra y para una expectativa de rendimiento de arroz paddy verde de 5.000 a 5.500 kg/ha, mantiene un esquema de fertilización donde la incorporación total de macronutrientes se realiza en torno a 170 kg de N/ha, 50 kg de P_2O_5 /ha y 60 kg de K_2O /ha. La modalidad de aplicación es la siguiente:

Aplicación de dosis básica (kg/ha) = 85 (N) - 50 (P_2O_5) - 60 (K_2O).

Primer reabono = 45 kg/ha (N).

Segundo reabono = 45 kg/ha (N).

Esta fertilización se realiza en las dos épocas de siembra bajo la siguiente metodología: para el período de verano, la tierra se prepara en condiciones de suelo seco y al final de esta labor se incorpora la dosis básica que se prepara regularmente mezclando 200 kg/ha de la fórmula 10-26-26, con 100 kg/ha de urea y 100 kg/ha de sulfato de amonio. A continuación se aplica el riego de inundación y la siembra de semilla pregerminada. Posteriormente, a los 30 y 50 días y previo drenaje del campo, se aplican, en cada caso, los dos reabonos señalados de 100 kg/ha de urea cada uno.

En el período de lluvias la preparación de suelos se realiza en condiciones de fangoso; y la dosis básica se aplica a los 11 o 12 días de la siembra, después del control químico postemprano de malezas. Los reabonos siguientes se cumplen en la misma secuencia indicada para la época de verano.

2. La Asociación de Productores del Estado Portuguesa (Asoportuguesa), para una expectativa de rendimiento en el orden de 5.000 a 5.500 kg/ha de arroz paddy verde, mantiene una modalidad de

fertilización en función de incorporar en el ciclo de siembra, 140 kg de N/ha, 60 kg de P_2O_5 /ha y 100 kg de K_2O /ha, de acuerdo con el siguiente mecanismo de trabajo:

Aplicación de dosis básica (kg/ha) = 40 (N) - 60 (P_2O_5)-50 (K_2O).

Primer reabono = 46 (N) - 50 (K_2O)

Segundo reabono = 55(N).

La dosis básica se aplica después del control postemprano de malezas sobre la base de 200 kg/ha de la fórmula 10-26-26, mezclados con 50 kg/ha de urea. El primer reabono se aplica entre 35 y 40 días después de la siembra y se prepara mezclando 100 a 120 kg/ha de urea, con 80 a 100 kg/ha de cloruro de potasio. El segundo reabono se realiza entre 55 y 60 días de la siembra, mediante la aplicación de 120 kg/ha de urea o 150 kg/ha de sulfato de amonio. Regularmente los reabonos se hacen en condiciones de suelo saturado.

El argumento que maneja este modelo de fertilización en relación con el fraccionamiento del potasio, es el de contrarrestar la incidencia de *helminthosporium*.

3. En la zona central, la modalidad de fertilización que adopta la mayoría de agricultores afiliados a la Asociación de Productores del Sistema de Riego Río Guárico (Aprosigua), para una expectativa de rendimiento de arroz paddy verde alrededor de 6000-6500 kg/ha, se mantiene en función de incorporar en el ciclo de siembra, 150 kg de N/ha, 50 kg de P_2O_5 /ha y 50 kg de K_2O /ha, cantidades que se aplican de acuerdo con la siguiente secuencia:

Aplicación de dosis básica (kg/ha.) = 55 (N)-50 (P_2O_5)-50 (K_2O)

Primer reabono = 67,5 (N)

Segundo reabono = 31,5 (N).

En este esquema, la preparación de tierras se efectúa bajo condiciones de fangueo en los dos ciclos de siembra.

La aplicación de la dosis básica se realiza después del control químico de malezas y se prepara mezclando 150-200 kg/ha de la fórmula 10-26-26, con 75 kg/ha de urea.

Posteriormente, a los 45 y 65 días de la siembra, se aplican 150 kg/ha de urea, en el primer reabono y 150 kg/ha de sulfato de amonio, en el segundo. Regularmente los reabonos se hacen previo drenaje del campo; sin embargo, la situación actual de restricción de agua del embalse, ha

determinado en los últimos ciclos, que los reabonos se realicen sobre una pequeña lámina de inundación.

En esta zona, para la época de verano se maneja la tendencia de reducir la aplicación de nitrógeno para contrarrestar el volcamiento de las plantas. Esta reducción puede alcanzar hasta 20% y particularmente es válida cuando se estima, de acuerdo con la fecha de siembra, que la cosecha va a coincidir con el período de lluvias.

Resulta evidente que, en materia de fertilización, hay mucha variabilidad en cuanto a dosificación y modalidades de aplicación de fertilizantes. Aparentemente en la Región de los Llanos Occidentales, podríamos apreciar la utilización de cantidades de abono algo superiores a los requerimientos reales del cultivo.

Por regla general, los requerimientos de fertilización en la Región Central han estado por encima de las exigencias de los llanos occidentales; sin embargo, se observa cierta inclinación hacia la reversión de esta tendencia.

El incremento interanual observado en el rendimiento unitario de arroz en el estado Portuguesa no obedece a la aplicación de altas cantidades de abono, por cuanto dentro de la misma zona se obtienen óptimos rendimientos con la utilización de moderadas cantidades de este insumo.

Igualmente, los rendimientos unitarios del Guárico también se han incrementado, sin haber alterado mayormente los patrones de fertilización utilizados en muchos años.

El aumento observado en la productividad arrocera tiene como base aspectos relacionados con el mejoramiento del manejo agronómico del cultivo, dentro del cual se incluye la aplicación de fertilizantes, sin descartar el efecto que podría tener la variación e incidencia de factores climáticos, particularmente de la radiación; por lo que no se puede afirmar que el uso de altas cantidades de fertilizantes permite lograr óptimos rendimientos.

En relación con el esquema de fertilización que se maneja en la región central, valdría considerar la sugerencia de reducir la cantidad de nitrógeno aplicado en la dosis básica inicial; lo que implica tal vez, obviar la mezcla con urea en esta primera dosis. En su defecto esta reducción inicial podría reponerse o compensarse en el segundo reabonamiento a los 60 o 70 días, cuando de acuerdo con el estado de desarrollo del cultivo, coloración del follaje y la variedad sembrada, pudiera aplicarse una mayor dosis de nitrógeno mediante la utilización de 150 kg/ha de urea, en lugar de sulfato de amonio. De esta forma, la dosis de 67,5 kg/ha de nitrógeno, correspondiente al primer reabonamiento del esquema vigente, puede ser

suministrada mediante la mezcla de urea y sulfato de amonio (100 kg/ha de cada producto).

Asimismo, cuando haya movimientos de tierra con fines de nivelación deben aplicarse microelementos, especialmente zinc.

Con respecto a la variabilidad de series de suelos arroceros en el Sistema de Riego Río Guárico, vale tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1. Las series Calabozo y Palmar son deficientes en potasio aprovechable, pero provistas de fósforo y calcio.

2. La serie Banco es ligeramente deficiente en potasio aprovechable y provista de fósforo y calcio.

3. La serie Cachimbo tiene adecuado contenido de fósforo y calcio, estando provista medianamente de potasio aprovechable, aunque en el sector sureste del sistema de riego los suelos son más ácidos y pobres en fósforo y potasio.

En relación con el esquema de fertilización señalado anteriormente para el estado Portuguesa, es válido también considerar la restricción de la cantidad de nitrógeno aplicado en la dosificación inicial, sobre todo en aquellos casos donde este valor supera los 60 kg/ha del elemento.



Capítulo X

Manejo de Maleza en Arrozales

Generalidades

La interferencia de la maleza en el desarrollo del cultivo establecido define el efecto directo o indirecto de las primeras en detrimento del segundo. En esta acción de interferencia se identifican la alelopatía, el parasitismo y la competencia.

La alelopatía se refiere al efecto nocivo que la maleza ejerce sobre el cultivo a través de la producción de sustancias tóxicas que restringen su crecimiento, acción ésta poco conocida en el cultivo de arroz. El parasitismo hace referencia al desarrollo de una especie a expensas de otra, en acción directa sobre los elementos nutritivos que esta produce.

El efecto de competencia se mantiene en torno al aprovechamiento de factores de crecimiento y desarrollo presentes en un medio determinado e indispensables para el cultivo y para la maleza y donde, por lo general, se encuentra en desventaja la supervivencia del primero. Estos factores se identifican como luz, agua, nutrientes y espacio físico (Fischer 1989).

Las características asociadas con la capacidad y habilidad de la maleza para competir con el arroz corresponden, entre otras, a:

1. Rápido crecimiento de su sistema radical y foliar,
2. Factibilidad de una germinación temprana y escalonada.
3. Capacidad de adaptación a condiciones adversas.
4. Precocidad de su ciclo de vida (Medina *et al.* 1999).

La maleza, en su acción directa o indirecta, disminuye la calidad del grano, dificulta la cosecha y el manejo adecuado del riego; sirve de hospedero a plagas y enfermedades y, en definitiva, afecta el valor comercial de las tierras desde el punto de vista agrícola.

En Venezuela el efecto nocivo de la maleza se manifiesta en los dos grandes centros de producción de arroz, incidiendo con mayor gravedad en los llanos occidentales donde, a criterio de un alto porcentaje de la comunidad de productores, el manejo y control efectivo de la maleza es el principal elemento en torno al cual gira el éxito de sus cosechas.

La diversidad de sistemas de siembra en arroz influye en el adecuado manejo de la maleza y, en este sentido, se puede decir que la mayor dificultad de control se observa en unidades de producción con menor disponibilidad de agua para riego; contrario a lo que ocurre donde el arroz mantiene un suministro de agua seguro y permanente.

El manejo exitoso de la maleza de importancia económica en arroz determina la necesidad de conocer aspectos referentes a su identificación y clasificación botánica. Asimismo, es importante tener clara noción de clasificaciones convencionales que caracterizan a estas especies atendiendo a su ciclo de vida, sus formas de reproducción y nocividad, o en función de las condiciones ambientales favorables para su desarrollo como elementos de apoyo para adoptar criterios de manejo eficaces (Tascón 1987).

Desde el punto de vista botánico, se sabe que las especies de maleza que causan mayores daños al cultivo son las que tienen características morfológicas parecidas con éste; ello permite señalar al grupo de especies gramíneas como el más relevante en cuanto a daños directos e indirectos que afectan al arroz. La capacidad de competencia que tienen determinados grupos de maleza está en función de su facilidad para crecer y desarrollarse en condiciones similares a las del cultivo. En este sentido, las especies más importantes responden aquellas de gran adaptación a diferentes condiciones de humedad de suelos que generalmente están presentes en cualquier sistema de producción.

El carácter anual o perenne del ciclo de vida y la agresividad de la maleza son elementos influyentes en su capacidad invasiva del campo de cultivo, aspectos que a su vez determinan la mayor o menor amplitud de distribución de las especies y, en consecuencia, la mayor o menor dificultad de manejo, por lo que son consideradas altamente nocivas.

Grupos y especies nocivas frecuentes en arroz

Las principales especies de maleza que afectan los arrozales en Venezuela se agrupan en dos clases, las monocotiledóneas (gramíneas o poáceas, las ciperáceas y las pontederiáceas) y dicotiledóneas.

Monocotiledóneas

Gramíneas

Las gramíneas mantienen la representación más relevante y de mayor dificultad de control, dada su afinidad con el cultivo de arroz que igualmente corresponde a esta familia. Entre estas malezas, son importantes las siguientes:

- Paja rugosa (*Ischaemun rugosum*)
- Paja americana (*Echinochloa colonum*)
- Luziola (*Luziola subintegra* y *Luziola pittieri*)
- Arroz rojo o negro (*Oryza sativa* L.)
- Cola de zorro (*Leptochloa virgata*)

Paja rugosa (*Ischaemun rugosum*)

Es una especie anual con preferencia por ambientes secos, pero con buena adaptación a diferentes condiciones húmedas (Figura X-1). Las hojas son lineales, lanceoladas, pubescentes y con una lígula muy pronunciada, frecuentemente con manchas color rojizo, producto de la reacción a la incidencia de hongos. La alta ramificación y debilidad de sus



Figura X-1. Paja rugosa (*Ischaemun rugosum*).



Figura X-2. Arrozal invadido por paja rugosa.

tallos facilitan el volcamiento al madurar; acción en la que arrastran consigo a las plantas de arroz. La inflorescencia es una panícula conformada por dos racimos unidos que simulan una espiga donde las semillas maduran en forma escalonada, favoreciendo la propagación prolongada de esta maleza (Tascón 1989). El ciclo de vida lo desarrollan entre 130 y 140 días, teniendo inicio de floración en condiciones locales, alrededor de 45 días después de la emergencia. La agresividad y alta capacidad invasora de esta especie la ubica como la de mayor peligro en los arrozales venezolanos (Figura X-2).

Paja americana (*Echinochloa colonum*)

Es una especie anual con buena adaptación en ambientes secos y húmedos. Las hojas son lineales, lanceoladas, con longitud entre 5 y 15 cm. Su inflorescencia es una panícula abierta, con espiguillas sésiles de color variable entre verde y morado. La reproducción de la especie se realiza por semilla y la dehiscencia temprana acelera en alto grado su multiplicación entre ciclos sucesivos de siembra. En estado de plántula suele confundirse con el arroz, pero su diferenciación es posible en razón de que en la maleza están ausentes las estructuras de lígula y aurículas características del arroz. El ciclo de vida esta alrededor de 72 días, iniciando la floración aproximadamente, 48 días después de la emergencia. Se considera como la maleza con más alta incidencia y distribución en los campos de arroz en Venezuela.

***Luziola* (*Luziola subintegra* y *Luziola pittieri*)**

Es una especie cuyas características de propagación le dan un perfil de maleza perenne. Su hábitat preferente es el ambiente húmedo y acuático. Durante los primeros estados de crecimiento se parece mucho a la planta de arroz, por ello se le considera como una maleza mimética del cultivo (Pabón 1988). Sus hojas son glabras y tienen una lígula muy alargada (Figura X-3). Su reproducción se realiza por semilla o a través de la producción de estolones. Es una planta monoica, es decir, con inflorescencias masculina y femenina en el mismo pie. Pese a que su distribución no alcanza carácter generalizado en los arrozales, no deja de considerarse, actualmente, como especie de alto potencial de peligro.



Figura X-3. Luziola.

Arroz rojo o negro (*Oryza sativa* L.)

Se trata de una especie anual, de la misma naturaleza del arroz comercial y con las mismas preferencias ambientales. El estudio de la especie ha detectado la existencia de diversos biotipos, entre los que destaca el llamado «rojo varietal», cuya similitud con el arroz comercial dificulta su diferenciación en el campo, y su identificación sólo es posible en la molinería con la detección del color rojizo del pericarpio y, algunas veces, del endosperma. Al igual que el arroz comercial, sus hojas tienen lígulas y aurículas bien desarrolladas. A diferencia de otros biotipos, el arroz rojo varietal acusa un bajo porcentaje de desgrane en el campo y esto permite el

incremento de semilla indeseable en la cosecha. El arroz rojo es considerado como maleza de alta peligrosidad; no obstante, actualmente las condiciones de óptima preparación del suelo mediante fangueo y el uso de semilla certificada han atenuado la incidencia de esta maleza. La identificación de otros tipos de arroz rojo es más expedita en vista de la coloración particular de sus glumas, del desarrollo de sus aristas y del hecho que, generalmente, son de porte alto y sobresalen al cultivo comercial.

Cola de zorro (*Leptochloa virgata*)

Es una planta anual, con hojas de lámina corta y lígula bastante reducida. Su inflorescencia es una panícula abierta de 20 a 30 centímetros de longitud que regularmente presenta una tonalidad morada y a simple vista en el campo se observa sobresaliendo al cultivo (Figura X-4). La diseminación de la semilla se efectúa aproximadamente entre 60 y 80 días después de la siembra. No obstante, pese a ser una maleza generalizada y de alta distribución en los arrozales del país, no llega a conformar la misma gravedad de otras gramíneas.



Figura X-4. Cola de zorro.

Ciperáceas

Conforman el segundo grupo de importancia como malezas en arroz. Sus especies más representativas son las siguientes:

- Corocillo (*Cyperus iria*)
- Pelo de indio (*Fimbristylis littoralis*)
- Coquito amarillo (*Cyperus esculentus*)

Corocillo (Cyperus iria)

Es una planta anual con hojas erectas y angostas que en estado de plántula asemejan agujas que, al ser maceradas, desprenden un olor característico (Medina *et al.* 1999). Se adapta a diferentes ambientes, pero bajo condiciones de buena humedad y fertilización puede conformar macollas compactas con numerosos tallos. Su inflorescencia está formada por umbelas compuestas, de coloración marrón rojizas. Su ciclo de vida es de 50 a 60 días, el más corto de entre las malezas ciperáceas del cultivo. Su reproducción es por semilla solamente.

Pelo de indio (Fimbristylis littoralis)

Es una planta anual cuyos tallos terminan en umbelas compuestas muy ramificadas. Las ramificaciones terminales tienen diferentes tamaños y rematan en cabezuelas color café. En estado de plántula la disposición de sus hojas simula la palma de una mano. Su hábitat preferente es el suelo con alta humedad. Sólo se reproduce por semillas.

Coquito amarillo (Cyperus esculentus)

Es una planta perenne cuya reproducción se realiza por rizomas y bulbos, aun cuando la semilla tiene cierta viabilidad con preferencia por suelos húmedos, pero con buena tolerancia a la inundación. La especie se ubica de manera focalizada en los arrozales del país.

Pontederiáceas

Incluyen las típicas malezas acuáticas o semiacuáticas del arroz. Entre las más importantes se consideran:

- Lochita (*Heteranthera reniformis*)
- Patico de agua (*Heteranthera limosa*)

Lochita (Heteranthera reniformis)

Planta herbácea, de crecimiento rastrero y porte bajo. Sus hojas son pecioladas y en forma de riñón. La reproducción se realiza por medio de semillas y estolones.

Patito de agua (*Heteranthera limosa*)

Es también una planta herbácea, de tallo cilíndrico y reducido, con hojas lanceoladas y flor solitaria color lila. Su reproducción se efectúa por semillas y estolones.

Dicotiledóneas

Un segundo grupo de malas hierbas importantes en arroz corresponde a numerosas familias pertenecientes a la gran clase: Dicotiledóneas. Entre las más representativas se incluyen leguminosas, compuestas y onagráceas, las cuales conforman el espectro de maleza de hoja ancha propiamente dicho, donde también se ubican la maleza acuática.

Entre las especies más frecuentes, se encuentran:

- Sesbania o clavellina (*Sesbania exaltata*)
- Clavo de pozo (*Ludwigia* sp.)
- Botoncillo (*Eclipta alba*)
- Pegapega (*Aeschynomene* sp.)

Dentro de estas especies, destacan principalmente la *Ludwigia* sp. (Clavo de pozo) y *Aeschynomene* sp. (Pegapega), plantas arbustivas que en la época de cosecha dificultan el proceso, ya que su fase reproductiva, cuando están presentes en el arrozal, se manifiesta entre 50 y 120 días después de la siembra.

Incidencia de maleza en las zonas arroceras

En la zona central, paja rugosa y paja americana son las más frecuentes y agresivas. luziola y arroz rojo conforman un peligro potencial por la dificultad de su control por medio químico.

El mal uso de prácticas, como explotaciones mixtas (ganadería y arroz), monocultivo, canales de riego enmalezados y deficiencia en la preparación de suelos, contribuyen a intensificar el problema en esta zona.

Dentro de las ciperáceas, pelo de indio y corocillo son las especies más frecuentes en Guárico. En cuanto a malezas de hoja ancha la mayor incidencia corresponde a clavo de pozo, pegapega y patito de agua.

En los llanos occidentales, paja americana y paja rugosa son predominantes y su incidencia configura una situación bastante grave.

Luziola representa en esta zona, en virtud de su facilidad de propagación y la ineficiencia de los controles químicos, un problema que amenaza con expandirse. Una eficiente integración de métodos y medidas de control resultan importantes para restringir la presencia de esta especie. En este sentido se recomiendan prácticas de preparación en seco, rotación de cultivos, limpieza de canales de riego y drenaje, etc.

El arroz rojo se mantiene vigente como maleza problema, mientras persistan el uso de semilla no certificada e inadecuada preparación de suelos en campos infectados.

Cola de zorro merece una observación especial en los llanos occidentales, por estar manifestándose muy invasora y agresiva; situación que muchas veces amerita un manejo especial en lo que a control químico se refiere.

Las ciperáceas más difundidas en esta zona son corocillo y pelo de indio. Dentro de las especies de hoja ancha son frecuentes lochita y clavo de pozo.

Estos dos últimos grupos no presentan mayor problema en los llanos occidentales, dado que su capacidad de competencia es de media a baja y se muestran susceptibles a los herbicidas específicos para su control.

Regularmente, los campos libres de maleza pueden asociarse a la existencia de una buena nivelación de tierras, que se complementa con un control temprano, aplicando mezclas de herbicidas de amplio espectro. Las deficiencias en la nivelación provocan un irregular manejo del agua de riego como recurso complementario de control una vez aplicado el herbicida, razón por la cual se presentan focos de malezas que pueden incidir negativamente desde el punto de vista económico.

Manejo integrado de la maleza

El manejo integrado de la maleza requiere la aplicación conjunta de una serie de medidas que complementariamente, contribuyen a atenuar la presencia de malezas en el arrozal, tomando en cuenta criterios de mayor economía para el productor y aspectos relacionados con la preservación del medio ambiente. Esto significa que la incidencia de malezas no debe enfocarse bajo la condición de uso de productos químicos exclusivamente, dada la existencia de prácticas muy importantes que refuerzan la efectividad del control químico cuando éste se hace imprescindible (Doll 1989).

Las prácticas culturales relacionadas con el manejo de malezas consideran, entre otras, las siguientes:

Purificación de campos y limpieza de canales y muros

La purificación de campos corresponde a una práctica que implica la extracción manual de plantas o materiales indeseables presentes en siembra de arroz con fines de producir semilla certificada.

La limpieza de muros y canales resulta beneficiosa para evitar interferencias en la aplicación de riego, resultando más efectiva si se efectúa antes de que las malezas alcancen su etapa reproductiva.

Limpieza de maquinarias y equipos

La limpieza de maquinarias y equipos es eficaz para evitar la contaminación de campos cuando éstas proceden de sitios con alta presión de malezas.

Uso de semillas certificadas

El uso de materiales certificados garantiza la siembra de semilla libre de malezas nocivas de alto peligro, muy particularmente en relación con la presencia de arroz rojo.

Adecuación de tierras para efectos de riego

La adecuación de tierras se corresponde con los trabajos de nivelación que se efectúan para lograr mejor aprovechamiento del agua de riego y mayor efectividad en el manejo de la lámina de inundación.

Buen manejo de las aguas de riego y adecuada preparación de tierras

La preparación del suelo bajo la práctica de barro batido o fangueo, independientemente de otra consideración, resulta efectiva en el control de arroz rojo, y la alternancia de esta metodología con la de preparar el suelo en condición seca, crea ambientes favorables para el establecimiento de especies de medios aeróbicos y acuáticos, según sea el caso (Medina *et al.* 1999).

Control químico

La producción de arroz en Venezuela depende en gran medida de la eficiencia que se logre en el control químico de la maleza. Dicho control se realiza sobre la base de herbicidas específicos, de naturaleza selectiva; de manera que si se escogen los productos apropiados y se aplican correctamente, los resultados son satisfactorios. La escogencia de un determinado herbicida y la dosis que se aplica se hace en función de los siguientes aspectos:

- Tipos de malezas.
- Desarrollo de las malezas y del cultivo para el momento de la aplicación.
- Condiciones que afectan su efectividad.
- Posible efecto fitotóxico.
- Historial sobre el problema de malezas en el lote.

Se conocen experiencias acerca del uso mínimo de herbicidas cuando se realiza un manejo integrado de la maleza.

Diagnóstico de la maleza

La selección y aplicación adecuada de herbicidas plantea la necesidad de realizar un diagnóstico de malezas, cuya ejecución se resume en los siguientes términos:

1. Información de antecedentes del terreno con respecto a la incidencia de malas hierbas.
2. Observación del lote de siembra, previo a la preparación, con la finalidad de evaluar problemática en cuanto a población, diversidad de especies, sectores de mayor incidencia, potencial agresivo de las especies y factibilidad de manejo en el ciclo a considerar.
3. Inicio de inspecciones de campo cuando el arroz alcanza el desarrollo de dos a tres hojas verdaderas.
4. Identificación y evaluación del desarrollo de malezas. Se recomienda el uso de un cuadro de 25 x 25 cm, lanzado al azar durante el recorrido.
5. Estimación de la distribución de malezas y porcentaje de la superficie afectada.

Selectividad del herbicida

La selectividad puede definirse como la alteración del proceso metabólico que la aplicación del herbicida produce en algunas especies, sin afectar a otras. La selectividad está determinada por la interacción general de la planta, el herbicida y el ambiente.

Entre otros aspectos, las plantas muy jóvenes muestran alta susceptibilidad a la acción del herbicida y lo mismo ocurre con aquellas especies que observan un rápido crecimiento.

Los factores morfológicos asociados con la efectividad y selectividad del herbicida responden a características particulares de las plantas para oponer al producto aplicado mayor o menor posibilidad de contacto, o de penetración o de traslocación. La forma erecta o postrada y la posición o exposición del área foliar, afecta la proporción del herbicida que puede interceptar o retener la planta en el momento de la aplicación.

Otro factor a considerar corresponde a la localización de los meristemas o puntos de crecimiento de la planta, los cuales en gramíneas se ubican en la base del tallo, donde están menos expuestos al contacto de herbicidas; contrario a lo que ocurre con malezas de hoja ancha donde se localizan en las axilas de las hojas y en el ápice, quedando expuestas a la acción directa del producto (Valverde 1986).

Los aspectos relacionados con la fisiología de la planta también tienen influencia en la selectividad, acción y actuación de los herbicidas. Muy bien conocida es la selectividad del arroz frente al herbicida propanil, la cual tiene

su explicación en la degradación química del producto por la acción de la enzima aryl-acylamidasa, presente en la actividad fisiológica del cultivo.

El medio ambiente influye en la selectividad y acción de los herbicidas por vía de factores que comprenden la humedad relativa, la humedad del suelo, la temperatura y la luz. Altos valores de humedad relativa permiten un mayor tiempo de contacto del herbicida con la planta, y en consecuencia el riesgo de fitotoxicidad puede ser mayor para el cultivo.

La temperatura del ambiente y del suelo influyen en la velocidad de los procesos bioquímicos de la planta, sobre todo cuando sus valores tienden a incrementarse; determinando mayores tasas de crecimiento y en consecuencia mayor actividad del herbicida (Ortega 1987). En el caso del 2-4-D, éster, su volatilidad puede causar graves daños al cultivo en condiciones de alta temperatura ambiental.

En función de la reacción de la planta y la naturaleza del herbicida, éste puede actuar por contacto directo (herbicida de contacto) o por absorción y traslocación en el interior del tejido vegetal (herbicida de acción sistémica).

Épocas de aplicación de herbicidas

En este aspecto se consideran diferentes modalidades de trabajo, debiéndose aclarar que el carácter pre o postemergente de la aplicación se refiere a la maleza, de allí la denominación pre o postemergente del herbicida.

Las épocas de aplicación son las siguientes:

1. Aplicación en **presiembr**a; por lo general dos a siete días antes de la siembra.

2. Aplicación en **preemergencia**; de uno a tres días después de la siembra o del primer riego. Para esta modalidad se considera la preemergencia del arroz y de la maleza conjuntamente, ya que tal práctica es procedente cuando la siembra se efectúa en condiciones secas (del terreno y la semilla), quedando esta última incorporada a cierta profundidad.

3. Aplicación en **postemergencia temprana**; regularmente de ocho a 12 días después de la siembra, con estado de malezas de uno a tres hojas.

4. Aplicación en **postemergencia media**; entre 15 y 20 días después de la siembra, con estado de malezas de tres a cuatro hojas.

5. Aplicación en **postemergencia tardía**; entre 20 y 45 días después de la siembra.

La aplicación en presiembr una vez que han emergido las malezas, puede realizarse utilizando herbicidas no selectivos, entre los que se encuentran Gramoxone® (paraquat) y Round-up® (glifosato), para cuyo manejo se recomienda que las malezas no superen 15 cm de altura.

En las áreas arroceras del país las tendencias en cuanto a épocas de control de malezas, indican que la región central mantiene una aplicación postemergente tardía (hacia los 25 días después de la siembra); mientras que en los llanos occidentales la época se mueve entre una aplicación de postemergencia media, con marcado desplazamiento hacia una postemergencia temprana (10 a 12 días después de la siembra de semilla pregerminada).

Herbicidas preemergentes

La mejor efectividad y acción residual de estos productos está asociada a las condiciones de óptima preparación del terreno y buena humedad en el mismo, que debe mantenerse antes y después de la aplicación. Por regla general se recomienda evitar por todos los medios que estos herbicidas entren en contacto con la semilla de arroz recién germinada, ni con las plantitas jóvenes del cultivo, para evitar efectos fitotóxicos y mermas en su población. Sin embargo, la concepción actual de la aplicación postemergente temprana considera que la disminución de las dosis normales que se prescriben para algunos herbicidas preemergentes puede atenuar su efecto negativo en el cultivo, al mismo tiempo que complementa un buen control de malezas cuando las dosis reducidas se combinan con herbicidas postemergentes (Páez y Almeida 1994).

Al grupo de herbicidas preemergentes pertenecen: Machete® (butaclor), Saturno® (benthiocarbo), Prowl® (pendimetalin), Constar® (oxadiazon), Avirosan® (dimetrametina/piperofos) y Crusher® (butaclor).

En pruebas experimentales y campos comerciales esta serie de productos se ha evaluado en condiciones de aplicación directa sobre lámina de agua, reportando, salvo excepciones, buena efectividad en el control, sin mayores riesgos de fitotoxicidad o atrofia sobre la semilla de arroz, bien sea ésta sembrada en condiciones de pregerminación o de semilla seca (Páez y Almeida 1993). La metodología de esta práctica se concreta en inundar el campo, una vez preparado el terreno; aplicar de inmediato el producto, y efectuar la siembra cuatro a cinco días después de la aplicación. Posteriormente a la siembra se efectúa el desagüe del campo.

Otros herbicidas preemergentes son: Rifit® (pretilaclor), del grupo químico de las cloroacetamidas y Command® (clomazone).

Herbicidas postemergentes

La aplicación de estos productos debe hacerse bajo condiciones de buena humedad del suelo, estando las malezas en temprano estado de desarrollo. Aplicaciones tardías acusan controles deficientes y por lo general, la recuperación de aquellas se realiza en forma más o menos rápida.

Los herbicidas de esta categoría se aplican después que emergen cultivo y malezas; su control sobre estas últimas tiene carácter específico, bien se trate de especies gramíneas, ciperáceas o de hoja ancha.

Herbicidas postemergentes para el control de gramíneas

En este grupo se incluye una serie de herbicidas cuyo ingrediente activo es el propanil (del grupo químico de las amidas), el cual se presenta en concentración de 360 y 480 g/l, dependiendo del producto comercial aplicado. Entre estos herbicidas se mencionan: Propanil EC®, Propanol®, Stam-100® y Profit 480 CE®. Los tres primeros se presentan en concentración de 360 g/l y el último en 480 g/litro.

La concentración del ingrediente activo y el desarrollo de las malezas determinan las dosis de aplicación recomendables (Cuadro X-1). La selectividad de los herbicidas sobre la base de propanil se reduce y causa fitotoxicidad al cultivo, al mezclarse con agroquímicos fosforados o del grupo de los carbamatos; por esta razón se recomienda que la aplicación de estos últimos deba esperar un lapso mínimo de 14 días antes o después de la aplicación del Propanil®.

Herbicidas postemergentes para el control de malezas ciperáceas, de hoja ancha, incluidas las acuáticas

En esta serie de productos se consideran los **herbicidas hormonales** y los **sulfonilureas** (Cuadro X-2).

En la clase de los hormonales se incluyen Banvel®, Actril®, Tordón®, Herbit®, Basagran M-60®. Este último corresponde a una formulación mejorada del producto original conocido como Basagran® solamente, al cual se adicionó un componente hormonal (MPCA), para lograr mejor control sobre malezas de hoja ancha.

Estos herbicidas deben aplicarse entre 15 y 16 días después de la siembra o posteriormente, cuando el arroz ha superado la etapa de máximo macollamiento, entre los 30 y 50 días después de la siembra; pero en todo caso, antes de iniciarse la formación de panícula.

La categoría de los sulfonilureas incluye productos más recientes que se caracterizan por ser bastantes activos en dosis muy baja de aplicación. En este grupo se encuentran Sirius®, Londax® y Ally®.

Sirius® tiene un mayor espectro de control, siendo particularmente efectivo sobre ciperáceas en diferentes estados de desarrollo.

Londax® retarda el crecimiento de las malezas desde su aplicación, siendo más efectivo contra ciperáceas, muy particularmente sobre *Cyperus iria* (Medina 1991).

Cuadro X-1. Dosis de aplicación de propanil de acuerdo con el desarrollo de malezas.

Malezas N° de hojas	Dosis de propanil (l/ha)	
	360 g/l	480 g/l
1	5,3	4
2-3	8,0	6
4-5	10,6	7
4-6	12,6	8
5-6	14,0	10,5

Cuadro X-2. Dosis de aplicación de herbicidas postemergentes para el control de malezas ciperáceas y de hoja ancha.

Nombre comercial (nombre técnico)	Concentración g/lpc	Dosis (l/ha)	
		15 dds	30-50 dds
Hormonales			
Actril (ioxinil/2,4-D éster)	100/600	0,75	1
Banvel S (dicamba/2,4-D)	68/266	0,50	0,75-1
2,4 D amina	490	0,50	0,75-1
2,4 D amina	720	0,30	0,75
Herbit (phenotiol)	200	2	3
Tordón (picloram/2,4 D)	64/240	0,50	0,75-1
Basagrán M-60 (bentazon/MCPA)	400/60	2	2
Sulfonilurea			
Sirius (pyrazosulfurón metil)	100	250 g	-
Londax (bensulfuron metil)	600	80-90 g	-
Ally (metsulfuron metil)	600	15	15

g/l: gramos de ingrediente activo

lpc: litros de producto comercial

dds: días después de la siembra

Fuente: tomado y modificado de la Unidad de Aprendizaje sobre Manejo Integrado de Malezas del X Curso Taller sobre Producción Económica de Arroz Bajo Riego. Fundarroz – FONAIAP – IUTEG – UCV. 1999.

Ally® se indica para el control de malezas acuáticas y de hoja ancha, principalmente. Experimentalmente se reportan ciertos índices de fitotoxicidad sobre el arroz que afectan el crecimiento y macollamiento de la planta. Su aplicación es procedente entre 15 y 45 días después de la siembra, en dosis máxima de 15 g/ha.

Mezcla de herbicidas pre y postemergentes

La evaluación de esta alternativa ha considerado regularmente el uso de propanil (360 g/l), combinado con herbicidas preemergentes comunes y aplicados entre nueve y 11 días después de la siembra.

Mezcla de Propanil® con hormonales

Esta combinación se recomienda cuando las malezas han desarrollado de una a tres hojas. La dosis de propanil debe considerar, particularmente, el desarrollo de las gramíneas. Los hormonales se aplican en dosis de 100 a 300 cc/ha, de acuerdo con el tamaño y población de malezas específicas de control.

Mezcla de Propanil®, preemergentes y hormonales

Esta mezcla se aplica previendo el efecto del retardo que pueda tener la inundación permanente del campo de arroz, más allá de 50 días de la siembra. Las causas de este retardo pueden estar en función de la necesidad de manejar con mayor eficiencia problemas puntuales con gorgojo de agua, o bien para promover un mayor macollamiento del cultivo. En todo caso esta aplicación es recomendable ante problemas graves de alta población de malezas, y cuando el arroz ha cubierto al menos 40% de la superficie del suelo.

Otros herbicidas postemergentes

Mención particular tiene otra serie de herbicidas cuya especificidad los identifica como graminicidas selectivos, aunque con requerimientos muy particulares de manejo, pertenecientes al grupo químico de los fenoxipropanoatos (1) y pirimidinilos (2). Entre éstos se encuentran.

- Furore® (1) (fenoxaprop-etil)
- Assure® (1) (quizalofop-etil)
- Clincher® (1) (cyhalofop)
- Nominee® (2) (bispiribac-sodio)

Dentro de esta línea de aplicación postemergente, otro producto de aparición reciente corresponde al Aura® (clefoxidim), herbicida de amplio espectro, perteneciente al grupo químico ciclohexanodiona.

La aplicación de estos productos se recomienda desde el momento en que el arroz alcanza el desarrollo de más de cuatro hojas, alrededor de 20-25 días de la siembra.

Mezcla de herbicidas

La aplicación de estos productos en forma combinada presenta las alternativas de mezclar herbicidas pre y postemergentes o la de éstos con herbicidas hormonales; todo ello dentro de la concepción de un control pos emergente temprano, con el que se persigue obtener mayor efectividad sobre un amplió espectro de malezas.

Control de malezas en muros y canales

Este control se realiza con herbicidas no selectivo, entre los que se encuentran Arsenal®, Gramoxone® y Round-up®. Regularmente, la dosis utilizada en relación con 200 litros de agua, corresponde de uno a dos litros para los dos primeros, y dos litros para el último. La efectividad del Round-up® puede mejorarse incorporando 2 kg de urea y 0,5 litro de herbicida hormonal a la solución.

La aplicación en estos casos se recomienda cuando las malezas han alcanzado de 20 a 25 cm de altura, y después de haber efectuado sobre ellas un corte mecánico.

Resistencia de malezas a herbicidas

La eficiencia del control químico de malezas puede verse interferida por la manifestación de un carácter de resistencia de alguna especie frente a dicho control.

La expresión de tal resistencia se define así, como la capacidad hereditaria natural que dentro de una determinada especie de maleza desarrolla un grupo de individuos (biotipo); permitiéndole sobrevivir, reproducirse y mantenerse inmune a la aplicación del herbicida que regularmente la controla (Valverde 2000).

El uso prolongado y continuo de los mismos herbicidas dentro de un área de siembra donde predomina el monocultivo es determinante, a la larga, de una presión de selección natural sobre las malezas, hecho que en definitiva da lugar a la aparición de los biotipos resistentes.

Las características del herbicida que favorecen e incrementan la intensidad de selección de biotipos resistentes se corresponden con la eficacia

del producto, su frecuencia de uso y la duración de su efecto. En el caso de las malezas, las características propiciadoras más importantes son la presencia de genes, el tamaño y viabilidad del banco de semillas en el suelo y la adaptabilidad al medio.

La disminución de las dosis de herbicidas pudiera agravar el problema al propiciar la selección de resistencia que depende de más de un gen (poligénica) y se manifiesta como un incremento progresivo en el grado de resistencia de la planta de una generación a la siguiente.

Son diversos los informes de malezas asociados al arroz que han evolucionado resistencia a herbicidas, tanto a los más tradicionales como a los de reciente introducción (Pacheco y Pérez 1997).

Con respecto al propanil, varios países americanos informan sobre la resistencia desarrollada por *Echinochloa colona* (paja americana). Concretamente en las zonas arroceras de Venezuela se mencionan la existencia de diversas poblaciones de la especie con posible resistencia al herbicida (Castrillo 2000). Otros países reportan resistencia de la misma especie a la aplicación de Facet® (Quinclorac) o Furore® (fenoxaprop-etil).

El problema de la resistencia en malezas debe enfocarse desde el punto de vista del manejo integral, donde se consideran las siguientes alternativas:

1. Rotación del cultivo

Por medio de esta práctica, es poco probable que las malezas evolucionen resistencia, ya que la misma implica el uso de diferentes herbicidas con efectos diferentes en cada siembra.

2. Uso de herbicidas de diferentes mecanismos de acción.

La presión de selección se puede disminuir mediante la aplicación de mezclas de herbicidas que tengan diferentes mecanismos de acción y sean eficaces contra un amplio espectro de malezas. Dentro de estos mismos criterios, la rotación de herbicidas puede tener igual efecto. Esta alternativa es viable cuando no es posible la rotación de cultivo o no se puede excluir el monocultivo.



Capítulo XI

Enfermedades y su Manejo

Introducción

En el cultivo del arroz se mencionan diversos enemigos naturales, cuya incidencia da lugar a la manifestación de enfermedades infecciosas de importancia económica. Los agentes causales de estas anomalías son hongos, bacterias, virus y nematodos. En Venezuela las enfermedades más relevantes son de origen fúngico, y entre ellas destacan piricularia, añublo de la vaina, pudrición de la vaina y manchado del grano. Otra enfermedad de importancia conocida como hoja blanca, es de origen viral (Rodríguez 1981).

Existen otras enfermedades menos importantes cuyos daños pueden pasar inadvertidos, pero que bajo determinadas épocas y condiciones ambientales, podrían ameritar tratamientos especiales.

Después de los insectos dañinos y las malezas, la manifestación de los problemas fitosanitarios afectan la calidad y cantidad de la cosecha de arroz, estimándose en algo más de 10% las pérdidas de la producción en el ámbito mundial (Correa 1997). La magnitud de los daños económicos ocasionados por las enfermedades se encuentra relacionada con el grado de susceptibilidad de las variedades sembradas, con el manejo aplicado y con la presencia y duración de las condiciones ambientales favorables para el desarrollo de los microorganismos causales (Rodríguez *et al.* 2002).

Suele reconocerse que el uso de variedades resistentes constituye el medio más eficaz, económico y práctico para controlar las enfermedades del arroz; sin embargo, el máximo comportamiento relativo se obtiene con la aplicación conjunta y oportuna de medidas fitosanitarias y culturales apropiadas (manejo integrado), que benefician al cultivo y combatan al patógeno, como aplicación de fungicidas (aspersiones foliares y tratamiento de semilla), preparación del suelo, manejo adecuado del riego, control de malezas, control de insectos, entre otros.

Principales enfermedades

Piricularia

El principal problema fitopatológico mundial del arroz, lo conforma la piricularia, enfermedad también conocida como añublo, brusone o quemazón y cuyo agente causal es el hongo *Pyricularia grisea* Sacc.

La gran variabilidad patogénica le concede al hongo alta capacidad de adaptabilidad, dado que puede desarrollar poblaciones (razas) que se adaptan a las nuevas variedades y a los fungicidas específicos. Mediante técnicas biotecnológicas se ha logrado agrupar los aislamientos del hongo en familias o linajes genéticos que permitirá crear nuevas estrategias dirigidas al desarrollo de resistencia durable contra el añublo del arroz (Rodríguez *et al.* 1999).

Los síntomas críticos ocurren en las fases vegetativas (etapas de plántula o macollamiento, entre 30 y 40 días de edad del cultivo) y en fase de maduración, sobre la panícula. En esta segunda fase ocurre el mayor daño económico.

Síntomas

Las características de las lesiones en las hojas varían con la resistencia, edad de la planta y las condiciones ambientales. En cultivares susceptibles, inicialmente aparecen pequeños puntos de color marrón o café, que luego se alargan y adquieren extremos más o menos puntiagudos, adquiriendo una forma de rombo o diamante, de bordes color marrón-rojizo y centro grisáceo, mancha típica para su reconocimiento en el campo. La extensión y unión de varias manchas producen secamiento parcial o total de la lámina foliar. Generalmente las lesiones en plantas adultas pueden sobrepasar 2 cm de largo (Figura XI-1).

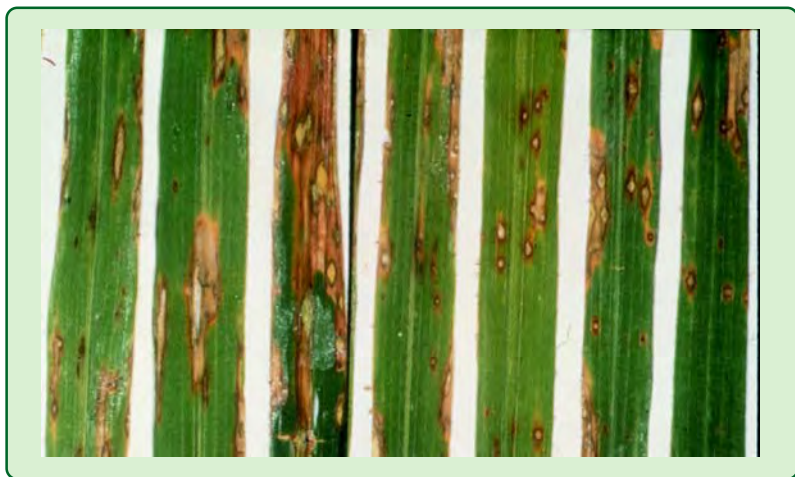


Figura XI-1. Piricularia.

En las variedades muy susceptibles se presentan manchas color marrón alrededor de los nudos en el tallo, provocando un estrangulamiento de los mismos.

Las lesiones en las panículas se localizan en el cuello, en sus ramificaciones y estructuras florales. Comúnmente la infección ocurre en la base de la panícula (cuello o nudo ciliar), necrosando y estrangulado el área afectada. Los ataques tempranos antes de emerger la panícula, originan el vaneamiento de los granos, mientras que los tardíos, producen granos livianos y yesosos, afectando los rendimiento de campo y la calidad molinera del producto (Figura XI-2).

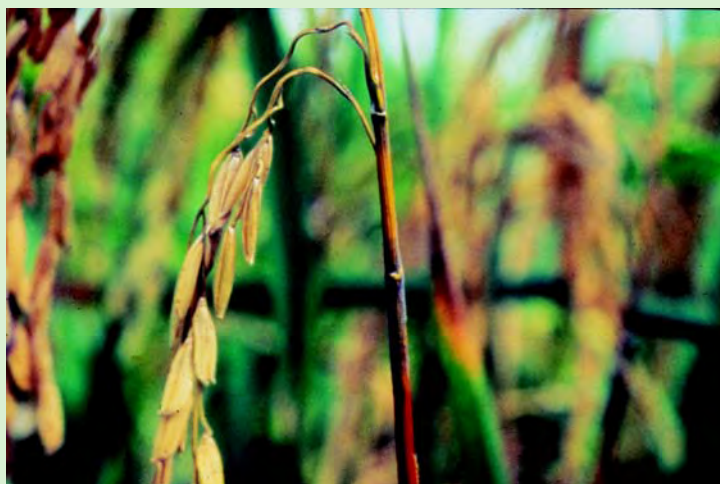


Figura XI-3. Daños en panícula.

Epidemiología

Entre las condiciones ambientales que ejercen mayor influencia en el desarrollo de la piricularia se encuentran:

- Períodos largos de alta humedad o rocío (más de 12 horas).
- Excesiva fertilización nitrogenada (siendo más drástico con fertilizantes de acción rápida, como el sulfato de amonio).
- Amplios rangos de temperatura entre el día y la noche (noches frías seguidas por días calurosos).
- Escasa luminosidad (nubosidad).
- Vientos suaves en la noche, las lloviznas prolongadas y el rocío, deficiente humedad del suelo.

- Semillas infectadas por el patógeno pueden transmitir la enfermedad (Prabhu *et al.* 1995).

Manejo

Para minimizar los daños de piricularia se ha recurrido al uso de variedades resistentes; sin embargo, en los ambientes potencialmente epidémicos se requiere integrar otras prácticas tanto culturales como químicas: nivelación y buena preparación del suelo, adecuado manejo del agua, oportuna aplicación y dosificación de fertilizantes (especialmente el reabono con nitrógeno), uso de semillas certificada, control de malezas y la utilización de fungicidas (tratamiento de semilla y aspersiones foliares).

Existen numerosos fungicidas que reducen con diversos grados de eficacia la incidencia de piricularia. Es fundamental una aplicación de fungicida en el lapso comprendido entre el final del embuchamiento y la emergencia de 10 % de panículas, luego debe realizarse otra aspersión entre siete y 15 días después de la primera. En algunos casos se recomienda una aplicación en macollamiento. El tratamiento de semilla con fungicida libera al cultivo de esta enfermedad en las primeras etapas del desarrollo (Rodríguez *et al.* 1993).

Añublo de la vaina

De amplia distribución en todas las áreas arroceras del país, y también denominado podredumbre de la vaina o rizoctoniosis, tiene como agente causal el hongo *Rhizoctonia solani* Kuhn. Posee amplia capacidad saprofítica y adaptabilidad, las cuales en el último año han ayudado en el incremento de la incidencia y severidad, causando reducciones significativas en los rendimientos. Aunque suele ser el más común, es posible encontrar otras especies del mismo género: *R. oryzae-sativae* y *R. oryzae*, originando síntomas parecidos al añublo de la vaina (Cedeño *et al.* 1998).

Los daños producidos por *R. solani* van desde reducción del área foliar hasta la producción de granos vanos y, con frecuencia, muerte de las plantas.

Síntomas

En la vaina de las hojas las lesiones típicas son irregularmente elípticas (más de 2 cm de longitud). Inicialmente, son de color verde grisáceo y luego grisáceo, con el centro más claro y bordes marrón-rojizo, que al unirse causan la muerte parcial o total de la hoja. Las manchas frecuentemente se localizan en las vainas inferiores, cerca y sobre la superficie del agua o el suelo, según el tipo de sistema de cultivo. De allí se extiende hacia la vaina y lámina foliar de las hojas superiores, llegando a alcanzar la panícula. La unión de varias

manchas produce extensas áreas necrosadas. Los ataques graves causan la muerte de las plantas (Figura XI-3). Los síntomas se manifiestan generalmente a partir de la etapa de máximo macollamiento y es en este lapso donde se debe hacer más intenso el monitoreo de esta enfermedad por parte de los productores y organismos de asistencia técnica (Rodríguez *et al.* 2001).



Figura XI-3. Añublo de la vaina.

Una característica del género es la producción de esclerocios, que en este caso son redondos globosos o irregulares, de color marrón oscuro y tamaño variable, que se desarrollan adyacentes o sobre la superficie del tejido afectado, constituyendo los órganos fundamentales de supervivencia, propagación y perpetuación del hongo. Generalmente, las plantas afectadas se vuelcan y forman parches irregulares dentro del cultivo.

Epidemiología

El hongo sobrevive en el suelo y en los residuos de cosecha. Los esclerocios conforman la principal fuente de inóculo en el establecimiento de la infección y se diseminan durante la preparación del suelo. Posteriormente, al ser transportados por el agua de riego y al contactar los tallos de las plantas sanas, inician la infección. La invasión continúa hacia la parte superior de la planta y lateralmente a las plantas adyacentes. Las siembras muy densas de variedades susceptibles, láminas muy altas de riego, aplicación de altas dosis de nitrógeno y fósforo, temperaturas entre 28 y 35°C y alta humedad relativa,

entre otros factores, proporcionan un ambiente favorable al progreso de la enfermedad. Numerosas malezas gramíneas, ciperáceas, leguminosas, etc. son hospederas de *R. solani*. Entre las primeras se encuentra *Echinochloa colonum*.

Manejo

Dadas las características de su multiplicación el añublo de la vaina presenta cierta dificultad para un control eficiente. Por este motivo, el manejo adecuado requiere integrar diferentes prácticas que permitan reducir, tanto la cantidad de esclerocios presentes en el suelo, como atrasar la velocidad del progreso de la enfermedad. Entre las prácticas culturales se encuentra el manejo de la lámina de riego y la reducción de la altura de la misma para evitar la diseminación y el ascenso de los esclerocios a la parte superior de la planta (Nass y Rodríguez 1994).

Todas las variedades comerciales de arroz son susceptibles a enfermedades en diferentes grados, aunque actualmente se han conseguido algunas fuentes promisorias de resistencia. El comportamiento de los cultivares está influenciado por factores fisiológicos, morfológicos y ecológicos. Las plantas jóvenes son menos susceptibles que las viejas y las variedades altas con pocos hijos son menos afectadas que las de porte bajo con muchos hijos.

Parcialmente las aspersiones con fungicidas han solucionado este problema y dentro del ámbito comercial se ofrecen opciones para seleccionar el producto más conveniente. En nuestras condiciones, una aplicación alrededor del período del embuchamiento, poco antes del inicio de la emergencia de la panícula ha resultado eficaz. Las aspersiones en macollamiento sólo son recomendables en las zonas de alta intensidad de la enfermedad.

Hoja blanca

Esta enfermedad es causada por el virus de la hoja blanca del arroz (VHBA o RHBA) y se transmite a través del insecto saltahojas denominado sogata, *Tagosodes orizicolus* (Muir). En la actualidad no causa mayores daños en los estados Portuguesa y Barinas, a diferencia del estado Guárico donde ocurren poblaciones muy altas del insecto-vector, y donde el principal efecto sobre el cultivo es el daño directo. Las experiencias de grandes pérdidas económicas ocurridas en años anteriores en Venezuela y otros países latinoamericanos, son referencias suficientes para mantener la atención y concederle importancia a este problema.

Síntomas

Los síntomas o daños directos son consecuencia del ataque del insecto vector, mientras los indirectos los ocasiona al inocular el virus (Figura XI-4), que varían según el grado de susceptibilidad y edad del cultivo. Estos síntomas aparecen de cinco a 34 días después de la infección.

En las hojas se forman áreas cloróticas o moteados que al fusionarse conforman bandas amarillentas paralelas a la nervadura central y posteriormente provocan el secamiento de la lámina foliar. Algunas veces las hojas infectadas se tornan amarillentas o blancuzcas, previo al secamiento descendente de la hoja.



Figura XI-4. Hoja blanca.

La actividad del virus en la panícula estimula la deformación y distorsión del eje que a menudo no emergen completamente. Las glumas florales de las espiguillas se deforman y adquieren un color marrón, observándose también esterilidad, decoloración de las ramificaciones y granos alargados y delgados.

Las plantas severamente afectadas poseen tallos más delgados y de menor tamaño (achaparramiento). Pueden encontrarse plantas con macollas sanas y enfermas, notándose en las macollas enfermas una coloración más clara, incluso tienen menor proporción de raíces, algunas veces más cortas y necrosadas. Las plántulas generalmente mueren al adquirir el virus.

Epidemiología

El VHBA no se transmite ni por semillas de plantas infestadas, ni por inoculación mecánica. La descendencia del vector adquiere el virus directamente del ovario o espermatozoide de los insectos hembras o machos, respectivamente infectados. No toda la población de sogata está en capacidad de transmitir el virus.

Manejo

El uso de variedades resistentes es el método más efectivo de control. El comportamiento de estos cultivares está determinado por la cantidad de insectos y su proporción como vectores, características del cultivo y condiciones ambientales. Lo ideal sería conseguir variedades resistentes al daño mecánico y al virus.

Los agricultores tratan de minimizar la enfermedad mediante la aplicación de insecticidas, sin embargo esto no resulta muy eficaz porque no todos los insectos de la población son vectores. Adicionalmente, cabe señalar que el constante mal uso de los insecticidas puede interferir con el control biológico natural. El control químico debe utilizarse solamente cuando la sogata alcanza el umbral económico, tomando en consideración el grado de selectividad y toxicidad que posean los insecticidas hacia los enemigos naturales de la sogata y al ecosistema.

Manchado del grano

Es causado por la asociación compleja de bacterias y hongos ayudados por las condiciones ambientales. Los hongos que con mayor frecuencia se asocian al manchado del grano pertenecen a los géneros: *Helminthosporium*, *Bipolaris*, *Alternaria*, *Cercospora*, *Sarocladium*, *Pyricularia*, *Gerlachia*, *Epicoccum* y *Fusarium*, mientras que las bacterias son del género *Pseudomonas*. La humedad relativa alta y los desbalances nutricionales del suelo favorecen la aparición de este problema fitopatológico, el cual afecta las siembras de arroz en el período de lluvias. Esta enfermedad suele reducir el rendimiento y calidad del grano, además de la viabilidad de la semilla. Algunos de estos microorganismos producen compuestos tóxicos que descartan el uso del grano para el consumo (Rodríguez *et al.* 1988).

Síntomas

La manifestación de manchado aparece en los granos o semillas antes y después que se ha realizado la cosecha. Los síntomas en las glumas pueden variar de acuerdo con los microorganismos invasores y con el avance de la infección. Estos se manifiestan desde pequeños puntos hasta manchas

color marrón o negras, que cubren parcial o totalmente la superficie del grano; inclusive abundante desarrollo del patógeno puede observarse en algunos casos, como el producido por *Bipolaris oryzae*, cuyas estructuras de reproducción cubren el grano dándole una apariencia aterciopelada oscura. Los granos afectados son yesosos, arrugados y quebradizos, sin embargo el mayor daño ocurre cuando los patógenos producen altos porcentajes de espiguillas estériles o los patógenos penetran las glumas y logran deteriorar el endospermo, el cual se tiñe de diferentes colores.

Epidemiología

Durante las lluvias, la coincidencia de la formación de granos con período de alta humedad relativa propicia el desarrollo del manchado del grano, notándose con mayor intensidad en lotes o áreas con suministro deficiente de algunos macro o micronutrientes, como potasio, fósforo o sílice. El viento favorece el choque de panículas, y en consecuencia su disseminación.

El almacenamiento de los granos por largos períodos, el alto contenido de humedad y perforaciones de insectos, estimulan el desarrollo de microorganismos y por ende, el manchado.

Manejo

En el campo, las variedades poseen diferentes comportamientos en relación con el manchado de grano, unas se afectan menos que otras. La reducción del daño es proporcionada por el control de insectos, eliminación de malezas, fertilización adecuada y correcciones de micronutrientes. Aun cuando no son muy eficaces, el uso de fungicidas disminuye el daño en determinadas condiciones de manejo del cultivo. La cosecha con el contenido de humedad apropiado del grano reduce la posibilidad del manchado en almacenamiento.

Enfermedades de menor importancia

Helmintosporiosis

Helmintosporiosis, helmintosporio, mancha marrón u «ojo de pájaro» es causado por el hongo *Bipolaris oryzae* (*Helminthosporium oryzae*, *Drechslera oryzae*). Este patógeno se encuentra distribuido en todas los sistemas de siembra, y está asociado con la fertilidad del suelo y daños radicales. El hongo ataca en cualquier etapa del cultivo, pero las incidencias más severas ocurren al final del ciclo, cuando el hongo alcanza la panícula (Nass y Rodríguez 1983).

Síntomas

Las lesiones foliares varían desde pequeños puntos hasta manchas circulares u ovales. Éstas se distribuyen casi uniformemente por toda la lámina foliar y la coloración de la lesión inicialmente es marrón. Posteriormente se torna más clara en el centro y aparece un halo amarillento (Figura XI-5).

En la panícula, el patógeno invade el pedúnculo, raquis, ramificaciones y granos, dando origen a manchas color marrón. En el cuello o nudo ciliar produce un síntoma muy parecido a *Pyricularia grisea*. En la superficie del grano se originan pequeñas manchas ovaladas cubiertas con estructuras del hongo, con apariencia aterciopelada. En casos graves, los granos se vuelven vanos, de menor peso y se afecta la calidad molinera.

Epidemiología

El hongo es transportado en la semilla y puede permanecer viable hasta por cuatro años. La enfermedad comúnmente aparece en suelos con problemas de desorden nutricional, fundamentalmente del nitrógeno o con deficiencias de nutrimentos, como potasio, manganeso, magnesio, silicio, hierro y calcio. También influyen otros factores como compactación del



Figura XI-5. Helminthosporiosis.

suelo, daños radicales de insectos, estrés hídrico, etc., al promover alteraciones fisiológicas en la planta, particularmente durante la fase reproductiva. Alta humedad relativa (>89%) y alta temperatura (25 a 30°C) se suman a los factores predisponentes, facilitando la invasión del patógeno, lo cual ocasiona graves daños en las variedades muy susceptibles.

Pudrición de la vaina

La pudrición de la vaina es causada por *Sarocladium oryzae* (Sawada) W. Gams & D. Hawksw (sin. *Acrocyldrium oryzae*). Este patógeno se manifiesta activamente en las vainas foliares, deteriorando la calidad y cantidad de la cosecha. En algunos países ha causado pérdidas hasta de 85 % (Correa 1997). La presión de incidencia del patógeno detectada en campos de arroz de los estados Barinas y Portuguesa ubica a esta enfermedad en un plano de mayor importancia en estas entidades.

Síntomas

En general, los síntomas se visualizan en las vainas superiores, particularmente en la hoja bandera (Figura XI-6). Al principio las lesiones o manchas son oblongas, con el centro grisáceo rodeado por un margen marrón oscuro o rojizo. El agrandamiento de una mancha o la unión con otras puede llegar a cubrir y rodear totalmente la vaina. También suele evidenciarse en las vainas decoloraciones difusas de color marrón rojizas.



Figura XI-6. Pudrición de la vaina.

Las infecciones en la hoja bandera adquiridas en embuchamiento causan interferencia con la emergencia total de la panícula. Las panículas que no emergen o lo hacen parcialmente, tienden a pudrirse y las glumas se colorean de marrón oscuro o marrón rojizo, observándose granos vanos o parcialmente llenos y arrugados. El signo del hongo se evidencia como un polvillo marrón, rosado o blanco, desarrollado en la superficie interna de la vaina (INIA 1988-2002).

Epidemiología

Además del arroz, este patógeno infecta a algunas malezas. El hongo sobrevive en residuos de cosecha y en el grano. La invasión se produce a través de los estomas y heridas, creciendo intercelularmente entre los haces vasculares y el tejido de las hojas. La acción de los insectos taladradores colabora con el desarrollo de la enfermedad, por cuanto retardan la emergencia de la panícula y facilitan el ingreso del hongo a la planta a través de las heridas.

La deficiencia de nitrógeno, altas densidades de plantas, altas infestaciones de malezas e insectos y temperatura mayores de 25°C, tienden a conformar un ambiente predisponente al desarrollo de esta enfermedad.

Escaldado de la hoja

El agente causal es el hongo *Gerlachia oryzae* (Hashiota & Yokogi) W. Gams (*Rhynchosporium oryzae*). Posee amplia distribución en las zonas arroceras, afectando todas las variedades explotadas comercialmente, pero sobre él no se tienen estimaciones de pérdidas. En su acción reduce buena proporción de la lámina foliar y afecta al grano.

Síntomas

La lesión foliar típica o mancha zonada es conformada por bandas alternas, en forma concéntrica, de colores marrón oscuro y claro, ubicadas en el ápice o bordes de las hojas (Figura XI-7). Al principio las manchas presentan una apariencia húmeda, luego se alargan y desarrollan áreas de color oliva o marrón claro. Las manchas viejas o maduras desaparecen, tornándose de apariencia escaldada, lo cual le confiere el nombre a la enfermedad.

Hay otras manifestaciones que van desde pequeñas lesiones marrón rojizas en la lámina foliar y parches color marrón en la vaina, sin necrosis y márgenes definidos. En la panícula se observa decoloración en el cuello y los granos, además de la esterilidad de las espiguillas.

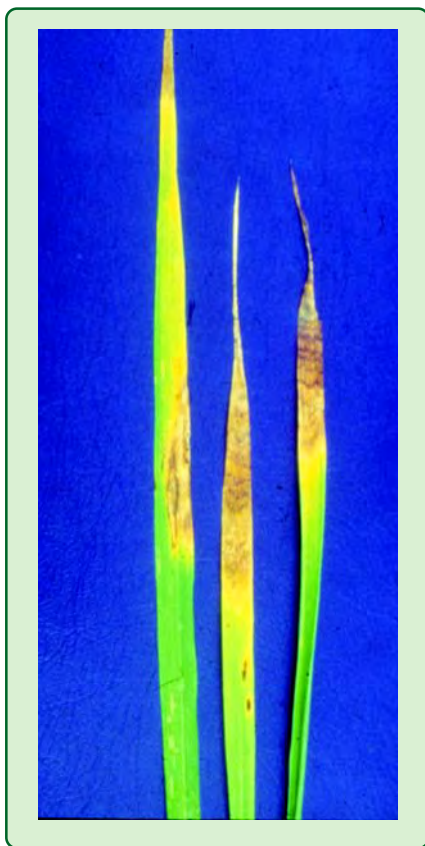


Figura XI-7. Escaldado de la hoja.

Epidemiología

El patógeno sobrevive en los restos de cosecha y en las semillas de arroz e invade la planta a través de los estomas. La alta humedad relativa, temperaturas frescas en la noche y lluvias continuas durante el máximo macollamiento favorecen el desarrollo del hongo, las altas dosis de nitrógeno también predisponen a la planta. *Echinochloa colonum* es una maleza hospedera del hongo.

Pudrición negra de la vaina

Esta enfermedad es causada por el hongo *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* y generalmente se evidencia al final del cultivo. El patógeno puede estar presente sin lesionar las plantas; no obstante, no se debe descartar el efecto serio en aquellos cultivares muy susceptibles. Probablemente se encuentra asociado con los hongos que atacan la vaina foliar, como *R. solana* (Cardona *et al.* 1995).

Síntomas

La enfermedad se manifiesta visualmente en las últimas etapas de la fase vegetativa, causando una decoloración de marrón oscura a negra en la vaina, desde la corona de la raíz hacia la superficie del agua de riego. Las láminas foliares se secan por los ataques muy severos; mientras que la infección en el tallo (culmo) y corona retarda el macollamiento, además contribuye con el acame de las plantas, formación de granos vanos y maduración prematura de la panícula. En la parte interna de la vaina se evidencia el micelio negruzco.

Epidemiología

El hongo sobrevive en restos de cosecha y hospederos alternos y se transmite por semilla. La invasión la realiza a través de las vainas y de las hojas bajas, penetrando directamente el tejido.

Pudrición del tallo

El hongo responsable de esta enfermedad se manifiesta en tres estados diferentes: esclerocial, *Sclerotium oryzae*, sexual *Magnaporthe salvinii* (*Leptosphaeria salvinii*) y conidial, *Nakataea sigmoidea* (*Vakrabeeja sigmoidea*). La pudrición de la vaina es una enfermedad esporádica, pero muy destructiva, debido al órgano atacado y a las consecuencias que se manifiestan en los rendimientos en campo y en la molinería.

Síntomas

A mitad del macollamiento se inician los primeros síntomas. En la vaina, cerca del nivel del agua, aparecen pequeñas manchas irregulares y negruzcas. Las lesiones o manchas crecen y se necrosan en la medida que la enfermedad se desarrolla. El hongo penetra el tejido, forma lesiones internas y pudre la vaina; luego aparecen pequeños esclerocios negros en la superficie interna y externa de la vaina. El tallo se pudre al ser invadido por el hongo. Las mermas en los rendimientos tienen su origen en la esterilidad de la panícula, acame y muerte de numerosas macollas. La enfermedad puede confundirse con otras pudriciones de la vaina.

Epidemiología

El hongo sobrevive en el suelo y en los restos de cosecha. Al flotar en el agua, los esclerocios infectan las plantas a nivel de la línea de la lámina de agua, y posteriormente se reproducen abundantemente en el tejido enfermo. La cantidad de esclerocios en el suelo, altas dosis de nitrógeno y fósforo, etc., favorecen el desarrollo e intensidad de la enfermedad, mientras

que el potasio ejerce una influencia contraria. Un grupo de investigadores señalan que algunas malezas se infectan con el hongo (Cedeño *et al.* 1997).

Falso carbón

El agente causal del falso carbón o carbón verde, es el hongo *Ustilaginoidea virens* (Cooke) Takah. Esporádicamente esta enfermedad aparece en plantas aisladas y causa poco daño, pero se ha observado en áreas en condiciones especiales (alta humedad relativa), afectar a más de 10 % de los granos (Rodríguez y Pineda 1983).

Síntomas

El síntoma evidente lo conforma la transformación de los granos en bolsas verdosas o bolas de esporas de apariencia aterciopelada, de aproximadamente 1 cm o más de diámetro, que sobresalen entre las glumas (Figura XI-8).

Las esporas inmaduras formadas en las dos capas más internas, son de amarillo pálido a amarillo anaranjado, mientras que las maduras que brotan de la capa externa adquieren un color verde a verde oscuro.



Figura XI-8. Falso carbón.

Mancha ojival

Enfermedad de poca importancia económica en la actualidad, pero en ciertos ambientes y áreas es frecuente observar brotes en plantas aisladas que pasan inadvertidos y hasta pueden confundirse con helmintosporiosis, piricularia o escaldado.

Síntomas

Aunque el patógeno ataca hojas, tallos y panículas, son más notorias las lesiones o manchas foliares que se desarrollan en forma oval a irregular, con centros necróticos de color claro y bordes marrón oscuro. En condiciones climáticas favorables, la formación y unión de las lesiones producen áreas necróticas de apariencia zonada muy característica. En cultivares muy susceptibles, las hojas se vuelven amarillas, secándose después de la floración.

Epidemiología

El hongo sobrevive latente en diferentes malezas gramíneas y en plantas voluntarias de arroz. Señala la literatura que las temperaturas frescas de las noches y un extenso período de rocío favorece la aparición de la enfermedad.

Cercosporiosis

Cercospora oryzae Miyake es el agente causal. Esta enfermedad conocida también con los nombres de cercospora, mancha marrón estrecha y mancha lineal, se observa con baja intensidad en algunos campos al final del ciclo de cultivo; algunas veces asociada con otras enfermedades foliares. Los cultivares comerciales que actualmente se siembran manifiestan resistencia a la enfermedad, aunque la existencia de razas del hongo ha motivado a mantener la atención en este patógeno.

Síntomas

El agente causal ataca principalmente la lámina foliar, pero puede infectar las vainas, pedúnculos y glumas. Las lesiones que se desarrollan paralelas a las nervadura de las hojas tienden a ser cortas, rectangulares, estrechas y marrón-oscuros en los cultivares resistentes, pero en los susceptibles las lesiones son más amplias, más claras y con centros necróticos.

El período más susceptible de las plantas se inicia a partir de la emergencia de la panícula, por lo que un ataque grave del hongo provoca la maduración prematura de los granos y el acame de las plantas.

Epidemiología

Después que la planta de arroz adquiere la infección, se requiere alrededor de 30 días para la manifestación de los síntomas.

La enfermedad se manifiesta con mayor frecuencia en los cultivos de arroz con deficiencias hídricas del suelo, exceso de potasio, temperaturas entre 25 y 28°C y alta humedad relativa. Es transmisible por la semilla.

Alternariosis

La alternaria o alternariosis es causada por el hongo *Alternaria padwickii* (Ganguly). La acción del hongo es subestimada, dado que el daño foliar es insignificante en nuestro país, pero un posible ataque a los granos causaría deterioro y graves consecuencias en la germinación y establecimiento del cultivo.

Síntomas

Las lesiones foliares se manifiestan como manchas ovales a circulares, de color marrón claro rodeadas por un borde marrón oscuro y angosto a manera de aro, las cuales al unirse forman largas áreas necróticas. Sobre las manchas viejas se desarrollan pequeños esclerocios negros. Las lesiones en la glumas son similares, pero con bordes más amplios, originando granos manchados, arrugados y quebradizos. Estos síntomas en semillas provocan lesiones en el coleóptilo y muerte de plántulas.

Epidemiología

El hongo sobrevive como esclerocios y micelios en el suelo, en granos y residuos de cosecha, la infección la inician los conidios transportados por el aire, las cuales penetran los tejidos directamente o través de heridas.



Capítulo XII

Manejo de Plagas.

Insectos

En el ámbito mundial, las plagas del arroz (enfermedades, malezas, insectos y vertebrados) destruyen cerca de 35% de la producción, donde 12% corresponde a los insectos dañinos. Allí radica la importancia del estudio y el manejo de los principales insectos-plaga que afectan al cultivo, como forma de prevenir o aminorar sus efectos.

En Venezuela, el complejo de insectos-plaga en arroz es muy similar en todas las zonas productoras y se han identificado 22 especies nocivas. Sin embargo, sólo cuatro causan daño económico y son consideradas plagas primarias:

- Gusano barredor (*Spodoptera frugiperda*, Smith).
- Insecto sogata (*Tagosodes orizicolus*, Muir).
- Chinchas (*Oebalus* sp. y *Tibraca* sp.).
- Gorgojo acuático del arroz (*Lissorhoptrus* spp.).

Existen otras plagas consideradas secundarias, como el caso de la larva del insecto *Diatraea* sp. o la mosca *Hydrellia* sp.

La identificación correcta y oportuna de estos agentes constituye una herramienta fundamental en la toma de decisiones por parte del personal encargado de prestar la asistencia técnica, y particularmente con las relacionadas a las prácticas de protección del cultivo.

Plagas principales

Gusano barredor

(*Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidóptera: Noctuidae)).

Descripción

El adulto es una mariposa de color gris, con manchas blancas y gris claro sobre el primer par de alas, una envergadura de 35 mm aproximadamente, con tórax y abdomen pubescentes. Los huevos son

puestos en masas sobre la lámina foliar o sobre el suelo y están recubiertos por escamas; recién puestos son de color blanco amarillento y luego se tornan de color marrón rojizo. Cada huevo mide 0,4 a 0,6 mm de diámetro. Las larvas recién nacidas miden 6 mm de largo, pudiendo llegar a medir 35 mm de longitud cuando alcanzan su máximo desarrollo, son de color marrón verdoso y poseen dos rayas blancas en forma de «Y» invertida en la cabeza. La pupa se localiza en el suelo, es de color marrón oscuro y mide 15 a 16 mm de longitud.

La hembra coloca sus huevos preferentemente en el envés de la hoja; a los tres días emergen las larvas y alcanzan su máximo desarrollo a los 14 días. Luego bajan al suelo a pupar, permaneciendo en esta fase otros 14 días, a continuación emergen los adultos. El ciclo biológico del gusano barredor es de 30 a 40 días. La Figura XII-1 muestra huevos, larva, pupa y adulto del gusano barredor.

Daños

La larva, en su estado inicial de desarrollo, se alimenta del follaje de las plantas, donde ocasiona un raspado. Cuando las larvas alcanzan un mayor tamaño pueden provocar la destrucción de toda la planta.

Manejo de la plaga

Para decidir una medida de manejo a seguir con relación a esta o cualquier otra plaga, se deben considerar:

- La edad del cultivo.



**Figura XII-1. Huevos, larva, pupas y adulto del gusano barredor.
(Cortesía CIAT)**

- La población de insectos.
- La presencia de enemigos naturales.
- El umbral económico de la plaga.

Medidas culturales

- Realizar una buena preparación del suelo, para exponer larvas y pupas a la acción de los enemigos naturales.
- Buen control de malezas, sobre todo gramíneas, puesto que son hospederos naturales de la plaga.
- Inundación de los lotes para controlar las larvas.

Medidas de manejo biológico

Control natural por aves, especialmente garzas o por insectos depredadores, entre los que se encuentran *Coleomegilla maculata*, *Cycloneda sanguinea* e *Hyppodamia convergens*, conocidos vulgarmente como vaquitas. Del mismo modo, se destacan los parásitos como *Cotesia* sp. y *Chelonus texanus*. Las larvas del barredor son atacadas por hongos como el *Nomuraea*, *Beauveria*, *Metarhizium* y virus, ejerciendo un control bastante satisfactorio, sobre todo en la temporada de lluvias.

Umbral económico de la plaga

Realizar conteos del barredor y aplicar insecticidas cuando se encuentren de cinco a ocho larvas por pase doble de malla entomológica, en un promedio de, al menos, 15 puntos evaluados por lote.

Medidas de control químico

Se recomiendan para ataques intensos y previa evaluación entomológica. Generalmente se controlan en forma simultánea malezas e insectos-plaga, empleando herbicidas con piretroides o con insecticidas de la llamada nueva generación, los cuales no afectan a los insectos benéficos y son compatibles con herbicidas y fungicidas.

Sogata

***Tagosodes orizicolus*, Muir (Homóptera: Delphacidae)**

Descripción

El macho tiene una longitud de 2 a 3 mm, y es de color oscuro; la hembra, de color amarillo, mide de 3 a 4 mm. Los huevos, transparentes, miden de 0,5 a 0,7 mm de largo. La hembra hace varias incisiones sobre la nervadura central de la hoja, colocando de tres a seis huevecillos en cada oportunidad. Las ninfas son de color blanco con franjas negras a lo largo

del cuerpo y a medida que avanza su desarrollo se tornan amarillas. La duración del estado adulto es de 14 a 30 días. Son de hábitos sedentarios y casi nunca abandonan al hospedero. Al desplazarse lo hacen caminando, saltando o son arrastrados por el viento. La Figura XII-2 muestra huevos, ninfa, macho y hembra (adultos) del insecto sogata.

Daños

Los adultos y ninfas de la sogata chupan la savia de las hojas y tallos al hacer perforaciones para alimentarse o colocar sus huevos. La sogata segrega una sustancia dulce que atrae hongos y provoca manchas negras llamada comúnmente «fumagina». Al ocurrir ataques severos puede ocasionar el secado total de la planta. Otro de los daños es la inoculación del agente causal del virus de la hoja blanca (VHB), cuyos síntomas se observan en las hojas que emergen después de 25 a 30 días de la inoculación del virus; los daños se manifiestan como zonas cloróticas con rayas blancas o amarillentas, paralelas a la nervadura central de la hoja.

Manejo de la plaga

Variedades resistentes

La mejor forma de combatir este insecto es a través del empleo de variedades resistentes o tolerantes, tanto al daño mecánico (directo) como



**Figura XII-2. Huevos, ninfas, hembra y macho de Sogata.
(Cortesía CIAT)**

al virus de la hoja blanca (indirecto). Las variedades Araure 4, Palmar y Cimarrón son tolerantes al daño mecánico, pero susceptibles en mayor o menor grado al VHB, mientras que el material Fundarroz PN1 es resistente tanto al daño mecánico como al virus.

Medidas culturales

Eliminación de soca y control eficiente de malezas con el fin de reducir los hospederos de la plaga. Malezas como *Echinochloa* sp., *Leptochloa* sp. y *Digitaria* sp. constituyen excelentes hospederos del insecto.

Umbral económico de la plaga

La aplicación de insecticidas debe realizarse cuando, al hacer evaluaciones en el campo, se colecten 15 a 20 adultos y/o ninfas de sogata por pase sencillo de malla entomológica, en 12 puntos evaluados en cada lote.

Medidas de control biológico

Los adultos y ninfas del insecto sogata tienen enemigos naturales que los parasitan y depredan; sin embargo, debido al mal uso que se le ha venido dando a los insecticidas, sobre todo en el estado Guárico, la población de esta fauna benéfica ha sido mermada a niveles tan bajos como 1,5 a 2 por ciento.

Medidas de control químico

El empleo de productos químicos debe realizarse cuando la población del insecto lo amerite, para proteger los controladores biológicos. Se han utilizado infinidad de insecticidas, de carbamatos a fosforados, para el control efectivo de la plaga. Actualmente se encuentran en el mercado productos de nueva generación, que además de tener un efecto de control excelente, no afectan a los enemigos naturales del insecto. Se recomienda solicitar asesoría a los técnicos de cada zona.

Chinche vaneador del grano de arroz

***Oebalus insularis* y *Oebalus ypsilon-griseus* (Hemíptera: Pentatomidae)**

Descripción

El adulto es un chinche que tiene forma de escudo, de color marrón oscuro, con manchas amarillas en el dorso y mide entre 8 y 10 mm de largo. La cabeza es pequeña y triangular. Los huevos, de forma cilíndrica y agrupados en hileras, son colocados en cantidades de entre 30 a 70 sobre el haz de la hoja o en la panícula y cada ejemplar puede llegar a

producir 150 huevos durante su vida. Las ninfas son de forma ovalada, y recién eclosionadas son de color castaño claro. La duración del ciclo completo oscila entre 19 y 33 días. La Figura XII-3 muestra huevos, ninfa y adulto de chinche vaneador del grano de arroz.

Daños

Esta especie provoca vaneamiento cuando el grano se encuentra en estado lechoso, pudiendo llegar a vaciarlo. Cuando está pastoso ocasiona un manchado que disminuye el peso del grano.

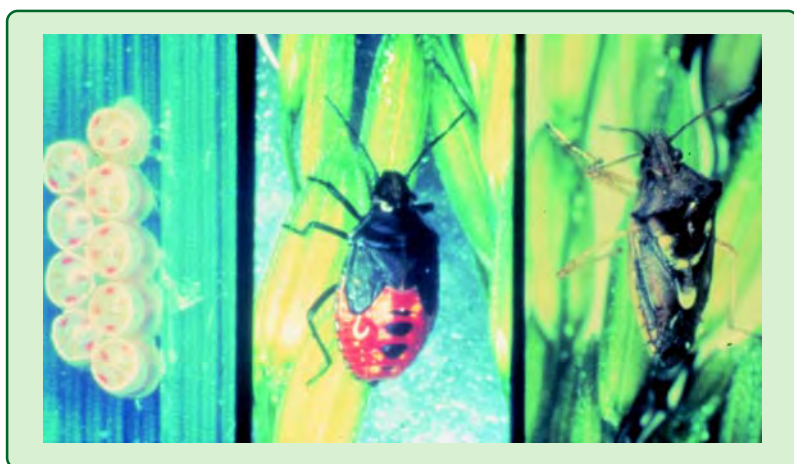
Manejo de la plaga

Medidas culturales

- Un buen control de malezas dentro del campo y en las lomas, específicamente de paja americana (*Echinochloa colonum*), paja rolito (*Ischaemum rugosum*) y granadilla (*Paspalum paniculatum*) disminuyen significativamente la población de insectos.

Umbral económico de la plaga

Realizar conteos de la plaga, evaluar al menos diez puntos por lote y aplicar insecticidas cuando se encuentren tres o más ninfas, o adultos por pase de malla entomológica.



**Figura XII-3. Huevos ninfa y adulto de chinche vaneador.
(Cortesía CIAT)**

Medidas de control químico

Para el control químico, previo muestreo de la plaga en el campo, se aplicará el producto que indique la recomendación técnica correspondiente.

Gorgojo acuático del arroz

***Lissorhoptrus* spp. (Coleóptera: Curculionidae)**

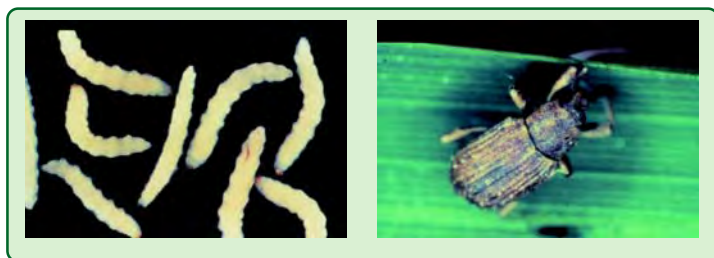
Se detectó en el estado Portuguesa en 1975, causando daños en siembras comerciales de arroz en la zona de Payara.

Descripción

El adulto es un coleóptero de color gris oscuro y mide 3 mm de largo. La hembra coloca los huevos, que son blancos y cilíndricos, bajo la epidermis de las raíces principales. La larva, de color blanco, no posee patas y mide de 6 a 12 mm; la pupa, también de color blanco, mide 3 mm de largo y aparece en un saco hecho de barro impermeable al agua y adherido a la raíz del arroz. A los siete días de la colocación de sus huevos, emergen las larvas, las cuales se convierten en pupas entre 28 y 35 días. La duración del ciclo completo es de 40 a 50 días. La Figura XII-4 muestra larvas y adultos del gorgojo acuático del arroz.

Daños

El adulto realiza un raspado sobre las hojas, en forma de ventana y paralelo a la nervadura central; la larva se alimenta de la raíz destruyendo gran parte del sistema radical, las plantas afectadas se presentan amarillentas y con reducción del crecimiento.



**Figura XII-4. Larvas y adulto del gorgojo acuático.
(Cortesía CIAT)**

Manejo de la plaga

Medidas culturales

- Deben realizarse las prácticas agronómicas tradicionales, como son buena nivelación del terreno, eficiente control de malezas (puesto que la mayoría de ellas son hospedaras naturales de la plaga) y eliminación de la soca. Drenar el campo también ayuda a evitar o disminuir el ataque, especialmente el de las larvas.

Evaluación de la plaga

Hacer conteos del adulto, desde 10 hasta 50 días de edad del cultivo. Cuando se detecten dos a tres adultos por malla entomológica, es recomendable aplicar insecticidas.

Si se encuentran dos a cuatro larvas por macolla se drenan por varios días los lotes afectados, siempre y cuando el cultivo se encuentre en una etapa en la cual no le afecte el drenado. Después de 80 días de edad del cultivo, no se recomienda drenar el campo.

Medidas de ccontrol químico

Para el control químico, previo muestreo de la plaga en el campo, se aplicará el producto que indique la recomendación técnica correspondiente.

Plagas secundarias

Existe una diversidad de insectos que se encuentran normalmente en el arrozal, pero que carecen de importancia económica debido a que sus poblaciones son relativamente bajas, y por ello, las pérdidas que ocasionan son escasas. Sin embargo, cuando algunos de ellos se consiguen afectando al cultivo significativamente, es necesario aplicar medidas de control.

Chinche marrón

***Tibraca* spp. (Hemíptera: *Pentatomidae*)**

Descripción

El adulto tiene el cuerpo cubierto por una coraza en forma de escudo. Es un chinche de gran tamaño, llegando a medir de 20 a 30 mm. Su color es marrón; los huevos son cilíndricos y su coloración varía de verde, recién puestos, a marrón, al acercarse la eclosión. Las ninfas varían en coloración, desde amarillo a marrón oscuro.

Daños

Provoca la llamada «espiga blanca» al dañar con el pico la base de la panícula.

Manejo de la plaga

Igual al que se aplica para el chinche vaneador (*Oebalus* spp.).

Umbral económico de la plaga

Para el control químico hacer la inspección entomológica del lote de siembra; sólo llevarlo a cabo si se encuentran más de tres ninfas o adultos del chinche, empleando la malla o haciendo conteos por metro cuadrado.

Taladrador de la caña de azúcar

***Diatraea saccharalis* F. (Lepidóptera: *Pyralidae* = *Crambidae*)**

Descripción

La hembra es una mariposa de color blanco-amarillento crema y de hábitos nocturnos. Los huevos son planos, colocados en masa y recién puestos son de color blanco. El período de incubación es de cuatro a ocho días. Las larvas completamente desarrolladas se encuentran dentro de los tallos y son de color blanco con la cabeza marrón oscura. La pupa presenta forma alargada y coloración marrón. El estado pupal, al igual que el larval transcurre dentro del tallo. El ciclo biológico de la diatreas dura entre 20 a 50 días.

Daños

Son causados por las larvas, que inicialmente se alimentan de las hojas tiernas y luego penetran en el tallo, localizándose en los entrenudos superiores donde se alimentan del tejido esponjoso, destruyendo el punto de crecimiento y produciendo los llamados «corazones muertos». Cuando ataca a las plantas que inician su floración, las hojas se secan y los granos no se forman, apareciendo las panículas blancas y vanas.

Manejo del insecto

Medidas de manejo biológico

Este insecto tiene enemigos naturales, especialmente parásitos de huevos y larvas que disminuyen sus poblaciones. Entre los parásitos de huevo están las avispidas *Trichogramma* sp. y *Telenomus* sp. Un depredador de huevos es *Coleomegilla maculata* o vaquita depredadora. Las larvas son parasitadas especialmente por *Metagonistylum* sp. y *Apanteles* sp. Además, se cuenta con un depredador de larvas y adultos, como es la avispa mataballos (*Polistes* sp.) y la avispa papelonera (*Polybia* sp.).

Medidas de manejo cultural

- Se recomienda la destrucción inmediata de los residuos de la cosecha anterior.

Evaluación de la plaga

Antes de tomar cualquier medida de control debe realizarse una adecuada inspección del arrozal. Desde los 30 hasta 80 días de edad del cultivo, recorrer el campo en diagonal y realizar la evaluación en al menos 12 puntos por lote.

Medidas de control químico

En general no se recomienda la aplicación de insecticidas, debido a su poca eficiencia en el control de la diatrea. Se recomienda buscar asesoría con el técnico de la zona.

Novia del arroz

***Rupela albinella*, Cramer (Lepidóptera: *Pyralidae* = *Crambidae*)**

Descripción

El adulto es una mariposa blanca de aspecto perláceo, con el cuerpo cubierto de escamas. La hembra coloca sus huevos en masa, pudiendo alcanzar de 80 a 100 unidades en cada caso. Por lo general lo hace en el envés de la hoja y recién puestos son de color verde amarillento, tornándose casi negros antes de la eclosión. La larva mide de 3 a 3,5 cm de longitud, es lisa y de color blanco amarillento. La pupa se encuentra dentro del tallo perforado y presenta una coloración blanco cremoso. La duración del ciclo completo es de 33 a 48 días.

Daños

Al eclosionar los huevos, las larvas descienden hacia la base de la planta donde hacen perforaciones para introducirse al tallo, generalmente a la altura del tercio inferior del mismo. En su acción ocasionan debilidad, amarilleo de las hojas y, en casos severos, la muerte de la planta.

Manejo de la plaga

Medidas culturales

- Se recomienda eliminar la soca y hacer un buen control de malezas, puesto que éstas sirven de hospederos a las plagas; reducir el escalonamiento entre los lotes de siembra.

Medidas de control físico

Colocar trampas luminosas (mechurrios) por cada cuatro hectáreas. Aponte (1992) menciona la eficacia del método en el control de mariposa de esta especie, en varias fincas arroceras del estado Portuguesa.

Umbral económico de la plaga

No es procedente emplear insecticidas para controlar el adulto, puesto que existe un control natural eficiente realizado por el parásito de huevos, *Telenomus* spp., el cual puede parasitar 70% de estos. Otro parásito de huevos es *Trichogramma* sp. Los adultos de la novia del arroz son depredados por algunas arañas y por especies de libélulas (caballitos del diablo); también por ciertas aves como el garrapatero hervidor (*Crotophaga major*).

Otras plagas

Mosca hídrelia

***Hydrellia* sp. (Díptera: *Ephydriidae*)**

El daño del insecto es provocado por las larvas que perforan la lámina foliar y penetra en ella, dejando cicatrices longitudinales (mina o galería) de color blanco, que inicialmente pueden medir de 0,1 a 0,2 mm de ancho y luego se engrosan hasta secar las hojas. Se reconoce el daño de hídrelia porque al mirar la hoja (lámina) contra el sol, se puede apreciar, en la «mina», la larva o la pupa de la mosca. Finalmente provoca en la hoja un daño que es llamado popularmente «látigo», por la forma característica que presentan las hojas afectadas. Este insecto se ha venido haciendo cada vez más importante, convirtiéndose en una plaga molesta para los productores del circuito arrocero en el país. En Colombia recomiendan una medida de control cuando, al hacer evaluaciones por metro cuadrado, se consiguen entre 40 y 45% de hojas con daño (látigo).

Gusano medidor

***Mocis* spp. (Lepidóptera: *Noctuidae*)**

Su daño es causado por las larvas que actúan como raspadoras durante sus primeros estados de desarrollo, luego se tornan muy voraces y defolian completamente las plantas. Por lo general aparece en el período lluvioso; posee varios enemigos naturales, especialmente hongos del género *Beauveria* sp. (hongo blanco) y *Metarrhizium* sp. (hongo verdoso).

Pulga saltona

***Epitrix* sp. (Coleoptera: *Chrysomelidae*)**

El daño es efectuado por el adulto: las plantas atacadas presentan en las hojas pequeñas raspaduras de aspecto blanquecino. Ataques severos a cultivos de poca edad causan marchitamiento de las hojas. El insecto es de poca importancia económica en el cultivo.

Enrollador de la hoja

Panoquina sp. (Lepidóptera: *Hesperidae*)

Las larvas, al doblar los bordes de las hojas, forman un tubo que sirve de área protegida y ocasiona el daño al alimentarse del follaje. No es considerada una plaga grave en arroz.

Chinche de la raíz

Blissus leucopterus (Hemíptera: *Lygaeidae*)

Se le encuentra en lotes de arroz caminando o volando rápidamente en las horas de mayor insolación, donde se localiza en las hojas del cultivo; sus mayores poblaciones se presentan en el verano o período seco. El daño lo ocasionan tanto el adulto como la ninfa; el primero se alimenta del follaje, mientras que la ninfa se nutre de las raíces de la planta, ocasionando en los lotes afectados parches con plantas amarillentas, que en ataques severos puede producirles la muerte.

Saltamontes del arroz

Caulopsis sp. (Orthóptera: *Tetrigidae*) *Conocephalus* sp. (Orthóptera: *Tettigoniidae*)

Los adultos y las ninfas de estos insectos causan daño al alimentarse de los tallos y de las hojas, pudiendo provocar la aparición de panículas blancas, vanas o con defectos. Las hojas y los tallos dañados tienen una apariencia de «deshilachado o flechado».

El *Conocephalus* es citado en Asia (FAO 1982) como depredador de adultos y ninfas de tagosodes. Estos saltamontes tienen su ocurrencia natural en la época lluviosa, consiguiéndose los mayores picos de la plaga en los meses de julio y agosto. En el estado Portuguesa la incidencia de las dos especies mencionadas ha estado por debajo del umbral económico.

El coco jui-juao

Dyscinetus sp. y *Euetheola bidentata* (Coleóptera: *Scarabaeidae*)

Se desarrolla en suelos con alto contenido de materia orgánica. El insecto pasa por las fases de huevo, larva, pupa y adulto. La larva es de color oscuro y mide 15 mm, vive en el suelo alimentándose de materia orgánica y de raíces de malezas y cultivos. El adulto es un coco negro que mide 11 a 13 mm y es de hábitos nocturnos. Durante el día se protege en galerías, cuyas entradas pueden observarse en el suelo. El insecto es atraído por la luz, lo que permite su captura en la noche con el empleo de trampas de luz. La garza blanca *Casmerodius albus* y la corocora negra *Mesembrinidis cayennensis* se alimentan de este insecto.

El trips del arroz

Stenchaetothrips biformis, (Bagnall) (Thysanóptera: *Thripidae*)

Aparece en el país en el año 1995, reportándose el daño económico en arrozales jóvenes del Sistema de Riego Río Guárico. Posteriormente se detectaron algunos brotes en la zona de Payara, estado Portuguesa en 1998.

Los trips son insectos diminutos, con el cuerpo delgado, generalmente miden de 1 a 2 mm de largo. Pueden volar o no. El ciclo biológico es de dos semanas, aunque los adultos pueden vivir hasta tres semanas.

Los adultos y ninfas del trips hacen cortes en el tejido de las plantas y se alimentan de la savia. Los daños ocasionan una decoloración que va desde el amarillo al rojo, provocando que las hojas se doblen. Las plantas pueden ser dañadas desde el estado de plántula hasta la floración. Los trips tienen preferencia por atacar campos sin lámina de agua o secos y es una plaga que ataca plantas jóvenes; por lo común, de menos de cuatro semanas de edad.

Gusano de estuche

Nimphula depunctalis (Lepidóptera: *Pyrallidae*)

El gusano de estuche fue observado por primera vez en Venezuela, en el Sistema de Riego Río Guárico, en el año 1988, por un grupo de técnicos en la zona de Guardatinajas, en arrozales cultivados en la época de lluvias (FONAIAP 1989). En América del Sur se reporta inicialmente en Argentina en 1986 (Arroz de las Américas, CIAT 1987). Su daño lo ocasionan las larvas que cortan las hojas y se envuelven en ellas, caen en la lámina de agua y se desplazan de esta manera por el arrozal; en la misma hoja cumplen parte de su ciclo biológico. En América, es considerada una plaga secundaria o potencial. En el Guárico, presenta muy bajas poblaciones durante todo el año y la mayor incidencia se observa en la época lluviosa.

Loritos verdes

Draculacephala sp. y *Hortensia* sp. (Homóptera: *Cycadellidae*)

Constituyen dos especies de insectos importantes en el cultivo de arroz. Se cita que en Colombia representan, junto con la sogata, el grupo de chupadores más importantes del rubro arroz (CIAT 1985, Pantoja 1997). Se presentan tanto en el arroz de riego como en el de secano. Los loritos verdes en los últimos años han aumentado sus poblaciones, ocasionando daño mecánico al cultivo del arroz, sobre todo en la época de verano, al igual que el insecto sogata; por ello, son plagas de cuidado.

Enrollador de la hoja

Syngamia sp. (Lepidóptera: *Pyalidae*). Actualmente clasificado como *Salbia*

El adulto es una mariposa de vuelo errático, de 10 mm de longitud, de color marrón claro, con tres rayas transversales en las alas. Los huevos son ovalados, planos, puestos en una o más hileras y son colocados en el haz de las hojas superiores. La larva puede alcanzar 12 mm de largo, de color amarillo, con cinco pares de pseudopatas. Todo su período lo pasa en las hojas. El daño lo ocasionan las larvas que se alimentan del haz de las hojas y posteriormente las enrolla. La población de este insecto puede incrementarse por el uso inadecuado de productos químicos. Se observó por vez primera en el estado Portuguesa en el año 1996.

Gusano pelador de los pastos

Mocis repanda (Lepidoptera: *Noctuidae*)

Presenta metamorfosis completa. El adulto es de color marrón claro, de aproximadamente 30 mm de envergadura, de vuelo corto y errático. La larva, que constituye la fase dañina es de color naranja con bandas longitudinales oscuras sobre el dorso y puede medir 45 mm, se alimenta del follaje y puede causar severas defoliaciones. En invierno son reservorio de parásitos por una serie de hongos del ambiente.

Enrollador de las hojas

Panoquina silvicola (Lepidóptera: *Hesperiidae*)

El adulto es una mariposa de color marrón oscuro, de aproximadamente 30 mm de envergadura. La cabeza es oscura con ojos pronunciados y las antenas terminan en ganchos que emplea el macho para atrapar a la hembra en la cópula. La larva, que es la fase dañina, es de color verde claro, mide cerca de 35 mm de largo y tiene la cabeza en forma de corazón de color marrón; se le encuentra dentro de una estructura a manera de un tubo que forma al doblar los bordes de las hojas de arroz. Se le considera una plaga de poca importancia económica.

Ácaros

Schizotetranychus orizae y *Tetranychus* sp. (Acariforme: *Tetranychidae*)

Los ácaros pertenecen a una clase diferente a la de los insectos. Causan daño a la hoja, debido que se alimentan de ella penetrando y succionando con su estilete el tejido de las células foliares. El daño se caracteriza por la aparición de puntos y manchas blancas amarillentas, que generalmente

aparecen durante los períodos de escasa precipitación (verano), causando efectos de poca importancia en el cultivo.

Moscas de la semilla

Oedenops spp. y *Notiphila* spp. (Díptera: *Ephydriidae*)

Durante los años 1998 y 1999 se detectó la presencia de estos especímenes en tres siembras comerciales de arroz, localizadas en Agua Blanca, El Cruce y Santa Cruz del estado Portuguesa.

El daño lo hace la larva en los estados iniciales del cultivo, al consumir la semilla ya sembrada, observándose hilos o sectores sin plántulas, especialmente en suelos con deficiente preparación y aguas sulfurosas estancadas. La incidencia de estos dípteros causando daños en el arroz no es común en Venezuela.

Evaluación de plagas en el campo

A continuación, se presenta el número de observaciones que deben realizarse para evaluar las plagas de arroz, (Aponte *et al.* 1992, 1998; Vivas 1997).

Número de muestras	Hectáreas
5	1 - 5
10	6 – 10
20	11 – 20
30	21 – 40
40	41 – 60
50	61 – 100



Capítulo XIII

Manejo de Plagas Vertebrados

El *Phylum* vertebrados en el reino animal comprende cinco clases de organismos que, enumerados de menor a mayor complejidad evolutiva, corresponden a peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Las dos últimas clases despiertan la atención pública, ya que algunos de sus órdenes se manifiestan como plagas importantes de cultivos y reservorios de enfermedades de importancia en la salud pública.

Roedores

Abundancia y diversidad

La clase: mamíferos integra 4% de los organismos del reino animal, donde 43% lo constituye el orden roedores, como uno de las más abundantes y diversos dentro del grupo, sólo comparable en número y variedad con el orden: coleóptera, dentro de la clase de los insectos. A pesar de diferentes adaptaciones ambientales de vida a medios arborícolas, terrestres, subterráneos y semiacuáticos, los roedores conservan una notable uniformidad en estructura. Su tamaño varía grandemente desde un ratón silvestre arenoso (*Calomys hummelincki*) adulto, de 10 g promedio de peso corporal, a un chigüire (*Hidrochaerys hidrochaerys*) de 65 kg, llegando a ser el roedor más grande del mundo (Fernández *et al.* 1988). De las 37 familias de roedores, en el mundo, 11 están representadas en los ecosistemas de Venezuela, donde se observan diversidad de ratas, ratones, lapas, picures, puercoespines, chinchillas, cobayos y capibaras o chigüires.

Definición de plaga

La asociación y abundancia de una determinada especie a un cultivo o área, no es condición necesaria para relacionarla como plaga, a menos que dicha especie entre en conflicto con los intereses del hombre. En tal

sentido, una definición completa fue enunciada por González Romero en 1980, al referir que plaga es una especie nativa o introducida, silvestre o doméstica, que se presenta en una localidad cultivada, silvestre o urbana y que tiene un impacto económico, social o sanitario en tanto que altere o destruya cualquier recurso natural.

Las especies que en Venezuela dañan el arroz y otros cultivos son de origen silvestre, algo diferentes a las especies que encontramos en áreas urbanas como ratas comensales, o sea asociadas a las actividades humanas. La diversidad de este grupo permite distinguir aquellos roedores que eventualmente pueden causar una infección en humanos, de otros que desempeñan un papel activo como reservorios o vectores de una enfermedad específica (OMS 1974).

Características generales de los roedores

Constituyen la mayor diversidad de las especies vivientes, con dentición reducida y un par de incisivos de crecimiento continuo desde su base, para compensar el desgaste de su ápice en cada mandíbula (Figura XIII-1). Poseen alta tasa reproductiva, con una evolución rápida de los individuos o ciclos de vida muy cortos, múltiples camadas anuales y crías numerosas. Se asocian a superficies donde existe alimento y cobertura abundante, proliferando debido a su alta tasa reproductiva. Son capaces de mantener estables sus poblaciones bajo una variedad de condiciones ambientales, a pesar de las medidas de control que el hombre pueda adoptar.

Especies de importancia económica

Las especies de ratas asociadas con sistemas de producción son roedores silvestres pertenecientes a la familia: Cricetidae, aunque algunos autores la incluyen como una subfamilia dentro de la familia: Muridae (Walker 1975). La rata más abundante, a la cual se le han dedicado más estudios en cuanto a aspectos reproductivos, taxonómicos y ecológicos en cultivos de arroz de los estados Portuguesa y Guárico, se le conoce como rata de pantano, rata nutria, marsh rat, rata colorada, de pies palmeados o arroceras; *Holochilus brasiliensis* Demarest, u *H. venezuelae* Allen (Aguilera y Barrios 1979). Actualmente su descripción corresponde a *H. sciureus* (Linárez 1998, Soriano y Ochoa 1999) (Figura XIII-2). Altas incidencias poblacionales de esta especie se han producido en los estados antes mencionados durante los años 1968, 1971, 1976, 1980, 1984 y 1985 (Fall 1976; Agüero y Miralles 1977; Agüero 1978, 1980; Candelet y Aguilera 1982; Cartaya y Aguilera 1984, 1985; ASOVEM 1985). La especie o el género con otras especies, se ha reportado desde el estado

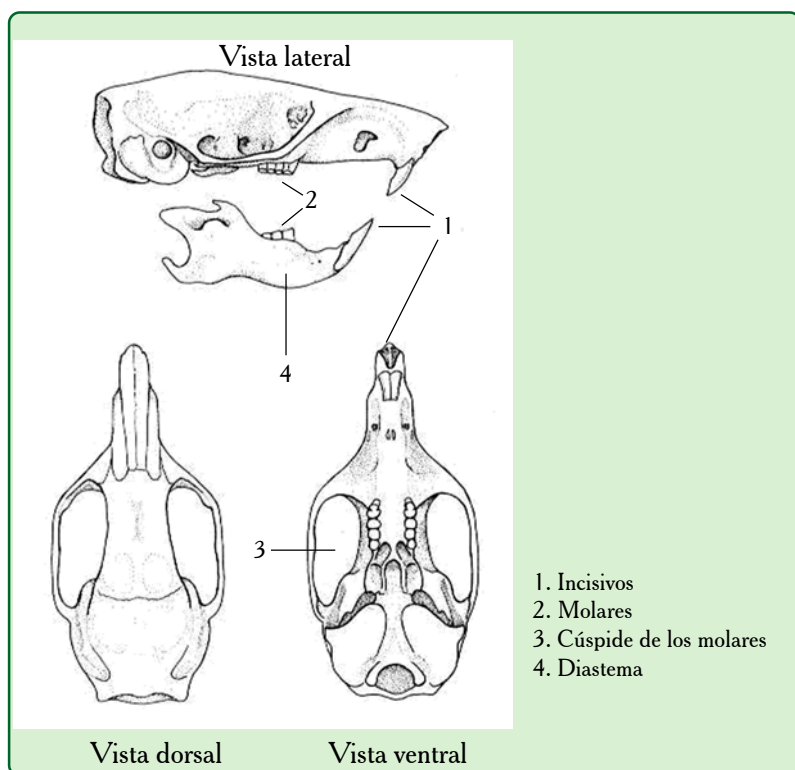


Figura XIII-1. Cráneo de un roedor mostrando su dentición, vista lateral detalle y posición de incisivos y molares, vista dorsal y ventral mostrando la cúspide de los molares. Tomado y modificado de Lawlor 1979.



Figura XIII-2. Rata arrocera.

Barinas en arroz, desde Guyana como *H. sciurus*, *berbicensis* en caña de azúcar y en Argentina en caña de azúcar y bananas, así mismo desde el este de Brasil, Perú y Uruguay (Perruolo 1981; Twigg 1965; Masoia 1971, 1974). El pelaje corporal de esta especie varía de color marrón claro a oscuro o pardo rojizo intenso en la parte dorsal, decreciendo en intensidad hacia los flancos. La región ventral es blanca grisácea desde el cuello hasta la base de la cola; ésta se presenta desnuda (sin pelos), de longitud igual o más corta que la longitud cabeza-cuerpo, con una coloración más oscura hacia su dorso. La pata posterior desde el talón hasta el dedo medio, incluyendo la uña, mide entre 28 mm, en juveniles, y 39 mm en adultos aproximadamente, con una membrana interdigital para su adaptación a la vida acuática. Las orejas presentan en su borde externo pelo abundante, característica que permite distinguirla de otra especie parecida como es la rata de agua, *Nectomys squamipes* (Lináñez 1998).

El hábitat de la especie comprende áreas pantanosas y cultivos que requieran alta humedad o una lámina de agua como en el arroz o el pasto alemán. Se la encuentra en las lomas del cultivo, o dentro del tanque en nidos tipo palafito que construye a unos 30 cm por encima del nivel del agua, entrelazando el follaje de las plantas hasta formar una esfera hueca en su interior y con paredes de fibras vegetales finamente divididas (Figura XIII-3). El nido así construido puede indistintamente ser utilizado por la hembra con sus crías o los machos, o ambos, para refugio y descanso durante el día (Agüero *et al.* 1985).

Otra especie frecuente es el ratón de pastizal (*Sigmodon alstoni*), sinónimo de *Sigmomys alstoni* (Figura XIII-4). Se le encuentra en arroz, a veces asociada a la especie anterior, o en cultivos de caña de azúcar y maíz (Guagliumi 1961). Es un ratón pequeño y el pelaje corporal de esta especie es de color negro brillante, con canosidades amarillentas o blancas en la parte dorsal. La región ventral es blanca o grisácea desde el cuello hasta la base de la cola, la cual se presenta también desnuda (sin pelos) y de coloración más oscura hacia su dorso, con una longitud más corta que la longitud cabeza-cuerpo. Los ojos en su periferia están provistos de un halo blanco o amarillento. La pata posterior desde el talón hasta el dedo medio, incluyendo la uña, mide 20 mm en juveniles y 24 mm en adultos, aproximadamente, sin adaptaciones para el ambiente acuático. Los incisivos superiores en su parte anterior poseen un canal longitudinal superficial y las cúspides de los molares, vistos por su cara dorsal, semejan forma de "S" (Figura XIII-1). En cuanto al hábitat, se le encuentra en los alrededores del cultivo en las lomas, terraplenes, orillas de canales o en sabanas y espacios abiertos protegidos por vegetación, debajo de las cuales hacen galerías para movilizarse de

un sitio a otro utilizando siempre la misma vía. Hacen nidos en espacios cubiertos con restos de vegetación seca o materiales abandonados; o grietas en suelos pesados producto de la desecación del terreno. Generalmente pueden causar daño al cortar las plantas de arroz a orillas del cultivo.

Con las dos anteriores, otra especie frecuente en cultivos de arroz, piña y maíz, es el ratón marrón *Zigodontomys brevicauda*, de talla mediana, el pelo del dorso es de color castaño claro o a veces grisáceo (Figura XIII-5). La longitud de la cola es claramente menor que la longitud cabeza-cuerpo, y es señalado como peligro potencial en diversos cultivos. Sus actuales poblaciones se han visto aumentadas en el estado Guárico. Su



Figura XIII-3. Nido de rata arrocer.



Figura XIII-4. Ratón de pastizal.



Figura XIII-4. Ratón marrón.

hábitat comprende espacios aledaños al cultivo de arroz donde podría causar daño, pero debido a su hábito alimentario insectívoro, debería evaluarse su capacidad potencial como controlador biológico al consumir insectos presentes en el cultivo (Martino y Aguilera 1993). Esta especie, unida a *S. Alstoni*, ha sido señalada como importante reservorio del virus Guanarito, y pieza clave en la transmisión del virus de la fiebre hemorrágica al hombre en el estado Portuguesa (Salas *et al.* 1991; Tesh *et al.* 1993; 1994a, 1994b).

Posteriormente, la especie *Z. brevicauda* fue señalada como el hospedero natural del virus Guanarito y *S. alstoni* como reservorio natural de un nuevo arenavirus denominado virus Pirital, con patogenecidad potencial en el humano, y un hantavirus denominado Caño Delgadito, aislado de las especies *Oryzomys bicolor*, *S. alstoni* y *Z. brevicauda* (Fulhorst *et al.* 1997a, 1997b) El ratoncito *Oecomys bicolor*, otra especie relacionada, tiene las siguientes características: coloración dorsal parda castaña oscura a clara, con tonalidades pardas anaranjadas. La longitud total del cuerpo es de aproximadamente 183 mm, cola bicoloreada, muy delgada con pelos en su punta; su longitud es mayor que la longitud cabeza-cuerpo. La longitud de las patas traseras oscila entre 19 y 21 mm. Habita en los alrededores del cultivo de arroz, puede trepar la planta y consumir en menor grado los granos de las panículas (Figura XIII-6).

El género *Oryzomys* contiene unas 36 especie, de las cuales cinco están presentes en Venezuela. Es posible que algunas hayan sido confundidas con el *Oecomys* descrito anteriormente. Son ratas pequeñas, con la cola más larga que la longitud cabeza-cuerpo, desnuda y con pelos en su punta sin formar un pincel.

Hábito alimentario

Capturas periódicas de ratas arroceras (*H. sciureus*) en fincas de Payara, estado Portuguesa, donde se obtuvieron sus estómagos para analizar el hábi-



Figura XIII-4. Ratón cola larga.

to alimentario, permitieron discriminar la presencia de tallos, hojas y semillas, así como su preferencia alimentaria en función de la edad del animal. Esta especie tiene un comportamiento herbívoro, donde el tallo de arroz representa 61,5% de la dieta, incrementando su consumo en proporción al aumento del peso corporal. Otros renglones estuvieron representados por la paja americana (*Echinochloa colonum*) 17,1%, paja de burro (*Leptocloa glabra*) 6,7% y dicotiledóneas (Cabrera y Agüero 1984).

Estudios posteriores realizados sobre el mismo aspecto por Martino y Aguilera (1993), en cuatro especies como son la rata arrocera (*H. sciureus*), el ratoncito (*O. delicatus*), el ratón de pastizal (*S. alstoni*) y el ratón marrón (*Z. brevicauda*), capturadas en el cultivo de arroz en localidades de Los Mamones y El Porvenir en el estado Portuguesa, indicaron que la primera de las nombradas se comportó fundamentalmente como herbívora, donde el tallo y semillas del arroz fueron más consumidos (60%). Aunque en un sentido más amplio, la dieta de *H. sciureus* estuvo conformada básicamente por pasto y semillas, seguido de ciperáceas y dicotiledóneas; invertebrados sólo estuvieron representados en 5,8%. El estudio, además, reveló que la importancia en la dieta de otros renglones alimentarios dependen de su disponibilidad en el medio; por ejemplo *S. alstoni* es omnívoro, su dieta consistió en semillas de arroz (40%) e invertebrados (27%), *O. delicatus* es

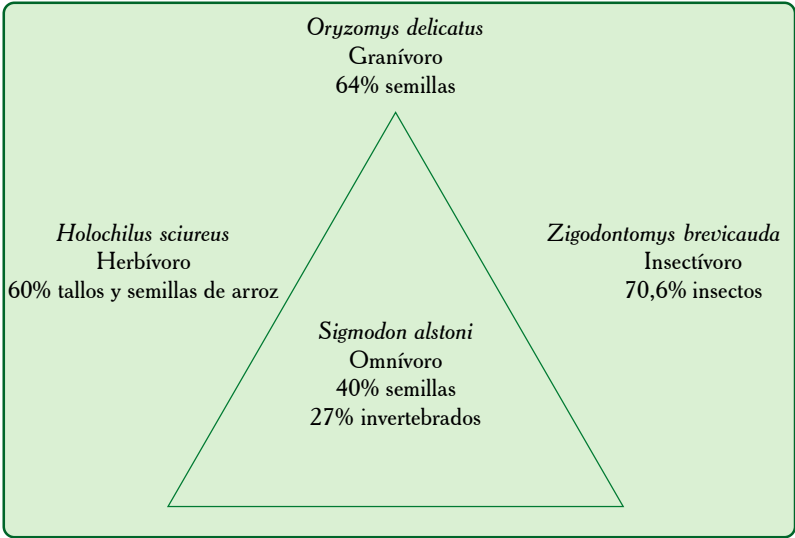


Figura XIII-7. Relaciones alimentarias de cuatro especies de ratas asociadas al cultivo de arroz. Adaptado de Cabrera y Agüero (1984) y Martino y Aguilera (1993).

granívoro, quizás por ello ha sido observado trepando en la panícula consumiendo granos (63,9%) y *Z. brevicauda* se comporta básicamente como insectívoro (76,6%), lo que sugiere una determinada especialización en la utilización de este recurso (Figura XIII-7).

Las variaciones en la dieta de las especies durante estos estudios de contenido estomacal podrían ser explicados por tres factores: a) estado de desarrollo del cultivo; b) composición de las especies de plantas, y c) el área que rodeó al cultivo durante el tiempo en que se realizó el muestreo. El primer factor explica el hecho por el cual *H. sciureus* y *S. alstoni* consumieron significativamente mayores cantidades de semillas de arroz durante las fases más avanzadas del cultivo, preferentemente fue debido a que éstas estuvieron disponibles más que cualquier otra parte de la planta y la dureza de los tallos por la edad del cultivo que, quizás los haría menos apetecibles. Variaciones en el nivel de la lámina de agua, sobre todo cuando está baja o por drenado del agua, al acercarse la cosecha, permite que otras especies de ratas diferentes a *H. Sciureus*, puedan utilizar el medio, ya que esta última es quien tiene adaptaciones membranosas en las patas traseras que le permiten nadar. La sobreposición del nicho se incrementó a medida que avanzó la edad del cultivo, ya que el recurso alimentario se encuentra diversificado y disponible, lo que hace que estos roedores lo utilicen intensivamente.

La composición de especies de plantas parece que afectó más a *S. alstoni* que a cualquiera de las otras especies. En el cultivo con abundante vegetación las dicotiledóneas fueron más consumidas, debido a que esta especie tiene un nicho muy amplio, pero este patrón no se repitió en cultivos con vegetación escasa o ausente. La composición en la dieta de *H. sciureus* se vería afectada por la variación en la cantidad de semillas en el área del cultivo, resultando un nicho alto con valores amplios. La disponibilidad de otras semillas, como por ejemplo las de euforbiáceas cuando escasean las de arroz, favorecen la atracción por *O. delicatus*.

Las especies *S. alstoni* y *O. delicatus* ocupan áreas enmalezadas, en cambio que *H. sciureus* habita en áreas cultivadas inundadas, por su condición adaptativa semiacuática.

Los cambios en el área que rodea al cultivo durante el tiempo en que fue realizado el muestreo tuvieron influencia en la dieta de los roedores. La ingestión de semillas, cuando éstas no estaban disponibles en el cultivo, indicaría que los animales estuvieron comiendo en áreas diferentes a sus sitios de captura. Esto también se evidenció por la presencia de plantas en los estómagos, que no estaban representadas en el censo de vegetación. En síntesis, los agrosistemas deben ser utilizados como modelos de variación en los hábitos alimentarios de los roedores, en vista de que ellos permiten una

rápida respuesta de cambio no comparada con el ecosistema. Estos cambios no sólo deben ser observados en el alimento ingerido sino también en hábitats compartidos y en nichos amplios con valores superpuestos. Dichos cambios, unidos a las condiciones ambientales, revelan el comportamiento oportunístico de estos animales en relación con el alimento disponible.

Naturaleza y amplitud del daño

El hecho de que la rata arrocera (*H. sciureus*) se alimente principalmente de tallos y, en segundo lugar, de semillas de arroz, siendo la especie en algunos casos más abundante en el cultivo, su impacto sobre éste debe ser considerable. El daño involucra casi todas las fases del desarrollo de la planta, al consumir y utilizar tallos en fases de floración y maduración para construir nidos, destruyendo y retrasando el ciclo o consumiendo semillas en la fase tardía o de maduración del arroz. Cortes del tallo en forma inclinada o de bisel, similar al extremo distal de una aguja de inyectora hipodérmica, es el daño más frecuente. Se evidencia la presencia de la rata por la biomasa caída, o sea por los tallos roídos y volcados sobre el suelo o en la superficie de la lámina de agua. Daños relacionados con el área total cubierta en un estudio de una población de rata arrocera, fueron estimados en 0,9% de la productividad bruta de una hectárea de arroz, es decir, alrededor de 820 kg/ha menos, para una producción de 5.500 kg/ha (Cartaya 1985).

Estudios similares en cultivares de ensayos regionales en Barinas durante 1997, revelaron que el daño consistió en el corte inclinado o en forma de bisel y, en consecuencia, caída de los mismos, consumo parcial del material vegetal disponible y construcción de nidos aéreos con parte del follaje y panículas de las macollas. 12 líneas, entre ellas algunas variedades comerciales del ensayo fueron evaluadas: FONAIAP 1, Palmar, UF-1, P11, Cimarrón, FD-9706, Araure 4, FD-9702, V-33, Sabaneta 96, UF-4, CT-15, PN-97A004, Línea 10, UF-2 y Línea 6, y adicionalmente la línea PN-97A004. Se encontró diferencia entre los tratamientos y el daño, donde el cultivar Sabaneta 96 fue el que alcanzó los porcentajes más altos de daño, con un rendimiento mínimo de 551 kg/ha, y un máximo de 2997 kg/ha. La variedad Cimarrón fue la menos afectada, siendo su mínimo de 3.170 kg/ha, y su máximo de 5.322 kg/ha. El daño por ratas afectó significativamente los rendimientos de estos cultivares. Sin embargo, la línea PN-97A004, actual variedad Fundarroz PN-1, no fue afectada significativamente (Agüero *et al.* 2001).

Daños por ratas, evaluados en materiales y cultivares previos a los ensayos regionales de arroz, realizados durante el año 2001 en las localidades de Araure y Agua Blanca, estado Portuguesa y en Calabozo, estado Guárico,

sólo se registraron en este último. Se estimó que todas las parcelas evaluadas presentaron daño por roedores. El daño en las líneas de observación osciló entre 10 y 90%, lo cual correspondió a rendimientos de 3.393 y 908 kg/ha, respectivamente. En los preliminares de rendimiento hubo daños entre 3 y 80%, correspondiendo a 2.700 y 1.678 kg/ha, respectivamente. En las líneas de observación la relación daño–rendimiento indicó que a mayor daño, menor rendimiento. Un análisis similar al comparar las 34 líneas de arroz de los preliminares de rendimiento, de nuevo mostró que a mayor daño, menor rendimiento. La situación del ensayo dentro de la finca estuvo en completa desventaja cuando el arroz adyacente y del resto de la parcela, fue cosechado en su totalidad. Aunque hubo tratamiento con raticidas y eliminación física de las ratas, su densidad de población se mantuvo alta, siendo imposible su disminución significativa. Aparentemente, el único alimento en el terreno fue el utilizado en el ensayo, de allí la gran magnitud del daño observado. Aunque no fue posible indicar si hubo tendencia de que un material fuese más susceptible que otro a ser dañado por las ratas, se observó que el ataque fue generalizado y obedeció mas bien a un oportunismo de los animales en la disponibilidad de alimento (Agüero 2001).

Estimación de poblaciones

Medidas directas

Es prácticamente imposible la captura de todos los individuos de una población para efectuar un censo, a menos que esté completamente aislada y puedan contarse la totalidad de los individuos que la integran. En vista de ello sólo se toma una muestra para hacer un estimado y tener una idea de densidad relativa de los integrantes de esa población en estudio.

Medidas indirectas

Trampeos por extracción. determinación del éxito de captura

El empleo de trampas de golpe, colocadas en líneas a diez pasos una de otra, sobre los muros del cultivo, o en cuadrículas de 9 x 4 metros, permite hacer una estimación indirecta del índice de captura en una determinada área del cultivo. Este desarrollo permite eliminar los individuos de la población en períodos muy cortos de tiempo. La captura se realiza durante tres días consecutivos, asumiendo que la población durante el lapso es cerrada, es decir no se realizan en ella migraciones, nacimientos ni muertes de sus individuos. Al comparar en una gráfica la captura diaria (eje Y), contra el número de animales previamente removido (eje X), se traza una línea recta que se corta en un punto del eje X, representando indirectamente la pobla-

ción presente. Este método también permite calcular el esfuerzo de captura, es decir, el número de trampas accionadas por el número de días que fueron colocadas. Luego, el éxito de captura logrado se determina por el número de trampas que capturaron animales y se calcula dividiendo el número de capturados entre el esfuerzo de captura por 100. Este método refleja un índice práctico para hacer estimados en campos de arroz y otros cultivos.

$$E_c = n/d.n_t 100 = n/e_c .100$$

Un éxito de captura $E_c = 12,3$, representa la captura de 37 animales en 100 trampas accionadas durante tres noches consecutivas. Por consiguiente, al identificar cuál fue la especie más abundante y en qué estado reproductivo se encontraron las hembras. Si se trata de rata arrocera, habría que adoptar medidas de control inmediatas.

Trampeos sin extracción. captura, marcado y recaptura

Este método consiste en capturar animales vivos en trampas especiales al efecto. Después de capturada, la rata se pesa y se mide, se toman sus características reproductivas, se marca y se suelta en el sitio de su captura. Mientras más animales marquemos mayor será su probabilidad de captura. Aunque este método es más minucioso que el anterior (ya que obtiene información adicional como reproducción, longevidad del animal y su desplazamiento en el campo), requiere de mayor tiempo y de personal especializado que maneje con destreza la población en estudio. Por otra parte, el productor de arroz o de otro cultivo, no estaría interesado en soltar las ratas capturadas.

Evaluación de la actividad en campo

Se realiza mediante la observación de las malezas o plantas de arroz cortadas, por la presencia de heces o huellas de ratas en el barro, o en porciones de cal colocada en algunas áreas sobre los muros del cultivo de arroz; por el consumo de alimento o placebo colocado y mediante observaciones de caminos trillados por debajo de las malezas. Todos ellos permiten obtener información indirecta de la actividad de las ratas en campo y su desplazamiento direccional.

Métodos de control

Control biológico

Acción de enfermedades causadas por virus y bacterias o por parásitos. Acción de depredadores, cacería o modificación del hábitat.

Los roedores son susceptibles a ser atacados por enfermedades causadas por virus, bacterias, parásitos y predadores. El virus causante de mixomatosis en conejos (orden: Lagomorpha) fue empleado con éxito en la disminución de sus poblaciones en Australia (Andreawarta 1973). De las enfermedades epizooticas, la bacteria *Salmonella*, causante de diarreas en el hombre, ha sido comercialmente desarrollada como Biorat®, para el control de *Rattus* sp., en áreas urbanas (Mora 1991; Rodríguez 1993). Parece que cepas de *S. enteritidis* tienen gran especificidad hacia esta especie; aunque se conocen muchas cepas de salmonellas que al contaminar el alimentos consumido por el hombre podrían causar diarreas fatales. Otro problema es el cebo, que al ser aplicado en el cultivo se ve afectado por las altas temperaturas que se desarrollan en el campo, determinando la muerte de la bacteria o ingrediente activo, lo que minimiza su acción sobre las ratas. Otra desventaja es que este cebo debe aplicarse de noche por la razón expuesta, y su mantenimiento antes de la aplicación, debe ser bajo refrigeración para conservar la viabilidad de la bacteria. Otro aspecto no aclarado es que la bacteria de la cual suponemos constituye su principio activo viene acompañada de una sustancia anticoagulante del tipo de las warfarinas.

Parásitos

Ratas de la especie *H. sciureus*, con lesiones cutáneas producidas por el gusano zancudo (Díptera: *Oestridae*) han sido capturadas durante la época de lluvias en áreas del Sistema de Riego Río Guárico. Habría que determinar la efectividad de control que pueda tener la incidencia de la mosca en las poblaciones de rata arrocera, ya que una larva de dicha mosca o dos de ellas podrían causar la muerte de una rata adulta (Agüero y Poleo 1992; Agüero *et al.* 1998).

Depredadores

Muchas aves, mamíferos, reptiles y anfibios pueden ser depredadores de ratas, pero su efectividad estriba en que puedan regular el tamaño de la población presa, es decir que eliminen más individuos de lo que una población presa pueda aumentar, o bien que el número de depredadores aumente por inmigraciones o protección a su reproducción y sus refugios, o que sus hábitos de cacería sincronicen con encuentros efectivos depredador-presa.

Lechuza de campanario

Países como Costa Rica, Chile y en años recientes, Malasia, contemplan programas de control, empleando aves depredadoras como la lechuza de campanario, *Tyto alba* (Díaz 1989; Hilje 1991; Mohd 1990; Mohamad y Goh 1991; Rodríguez 1993). En nuestro país, desde 1987, se está utilizando la especie mencionada (*T. alba*) en el control de poblaciones de ratas en el arroz con resultados promisorios, ya que su alimentación se basa exclusivamente en pequeños roedores (López 1989; Mendoza 1990; Poleo 1996; Eckholt 2002). Investigaciones realizadas en INIA-Guárico incluyen la protección de la especie, mediante la utilización de nidos artificiales (Figura XIII-8), análisis del contenido de material alimenticio regurgitado o egagrópilas, para conocer las especies de pequeños roedores y otros mamíferos o aves en su dieta, efecto de raticidas y otros plaguicidas. Cuatro especies de ratas fueron identificadas a partir de las mandíbulas encontradas en los regurgitados: *Z. brevicauda* (52,5%), *S. alstoni* (19,3%), *H. sciureus* (16,4%) y *Oryzomys* sp. (11,6%) (Poleo y Agüero 2000).

70% de los nidos artificiales instalados fueron utilizados por la lechuza para reproducirse, otro 8% para refugio o descanso, con preferencia hacia aquellos colocados en las edificaciones de las parcelas. 99,7% de sus presas estuvieron constituidas por ratas que viven en el cultivo de arroz, donde se notó oportunismo al alimentarse de la más abundante. Por tanto, la especie de rata más capturada constituyó también la más depredada, la cual para el momento del estudio fue *Z. brevicauda*. (López 1989; Poleo 1996; Agüero y Poleo 2000). En la región central, la mayor área de siembra se realiza durante la estación seca (noviembre-marzo), cuando se consiguen picos poblacionales de ratas; esto coincide con la época reproductiva de la lechuza, temporada en la cual ésta requiere de mayor



Figura XIII-8. Nido artificial para lechuza de campanario.

demanda de presas para la cría de sus pichones. Una pareja de lechuzas, alimentando sus pichones en un mes de abundancia, puede llegar a eliminar unas 522 ratas. Por lo tanto, se le considera un depredador efectivo, y es de suma importancia mantener y aumentar sus poblaciones mejorando el hábitat y sitios de refugio y reproducción (Rodríguez 1990; Poleo *et al.* 1998; Agüero y Poleo 2000).

Metodos culturales

Cacería. Modificación del hábitat. Eliminación de refugios. Creación de cobertura artificial. Postes paradero

La utilización de personal contratado para que maten las ratas, eliminando adultos y cría, es efectiva cuando se consiguen altas poblaciones en el arrozal (Figura XIII-9). El entrenamiento de perros para la caza es una medida utilizada por algunos productores de Portuguesa y Guárico. Sin embargo, hay que tener en cuenta que existe un alto riesgo de muerte de éstos, cuando se emplean en conjunción con raticidas anticoagulantes.

La renovación de lomas y muros para la eliminación de refugios, madrigueras y nidos, el control de malezas en muros y canales, la creación de coberturas artificiales para que las ratas se resguarden del sol y de los depredadores, excluyéndolas habitualmente, según el caso, y el uso de postes paraderos para que posen aves depredadoras de ratas dentro de las parcelas, constituyen buenas medidas para un control integrado (Agüero y Poleo, 1992; Agüero *et al.* 1998).



Figura XIII-9. Ratas muertas por extracción manual.

Control químico

Utilización de anticoagulantes

Una forma de control muy común es el uso de raticidas anticoagulantes, los cuales actúan interfiriendo el proceso de coagulación de la sangre, causando la muerte del animal por hemorragias internas. Su efecto acumulativo en el organismo evita que el animal asocie malestar con la fuente de alimento que le provee el tóxico, evitando así la repelencia al cebo de su parte. En nuestro país se utilizan anticoagulantes de primera y segunda generación, su diferencia radica en que los de primera generación requieren que sean ingeridas varias dosis consecutivas; por tanto, hay que asegurar que exista un consumo continuo. Como ejemplo de éstos se encuentran principios activos a base de warfarina, cumacloro, cumatetralyl, difacinona y clorofacinona. Los de segunda generación provienen de investigaciones en ratas resistentes a la warfarina, requiriendo de una o dos porciones pequeñas de cebo ingerido para causar la mortalidad del animal. Entre los principios activos de los raticidas de segunda generación tenemos: brodifacouma, bromadiolona y flocoumafen (Agüero 2002).

Control físico

Trampas, barreras, ultrasonido

Son medidas directas o indirectas encaminadas a excluir o eliminar la plaga o evitar sus daños. Las trampas se utilizan a nivel experimental, pero su utilización en control comercial es altamente costosa.

Control integrado

Se refiere a una combinación de los métodos discutidos en los apartes anteriores para conseguir eficacia en el manejo de las poblaciones plaga. Los métodos deben ser puestos en práctica en el momento oportuno.

Aves

La rica y variada avifauna de Venezuela, producto de su pródiga naturaleza, es un factor que contribuye a nuestro bienestar material y espiritual. En nuestro país se conocen alrededor de 1.300 especies de aves, por lo que hay que tener cuidado cuando hablamos de especies asociadas al cultivo que puedan ser imputadas como plagas (Phelps y Meyer 1971). Al decir clase: aves, se estima lo amplio del grupo y la especie problema puede estar colocada en órdenes y familias diferentes. Ciertas áreas arroceras son más vulnerables al daño que otras, así el impacto causado por algunas aves no está uniformemente distribuido entre las fincas. Algunos productores hablan de pérdidas cercanas a 100%, mientras que algunos campos

Cuadro XIII-1. Familias y especies indicadas como plagas en cultivos de arroz. Estados Portuguesa y Guárico. Daño factible, meses de aparición y posible manejo de las poblaciones.

Familias	Especies	Daño	Meses	Manejo
Rallidae	<i>Phorphyryula martinica</i> . Gallito azul (Purple gallinule) <i>Gallinula chloropus</i> Gallineta de agua (Common gallinule)	Construcción de nidos o plataformas con el follaje de las plantas de arroz.	Mayo a octubre, coincide con la estación de lluvias.	Lamina de agua < 10 cm. Cacería o capturas a mano.
Frinfillidae	<i>Spiza americana</i> . arrocero americano, (Dickcissel)	Bandadas migratorias de invierno, provenientes de USA. Consumen semillas de arroz sorgo y otras.	Noviembre a junio, coincide con la estación seca y parte de la lluviosa	Ruidos con latas, tambores. Cañones, cohetes.
Icteridae	<i>Dolychonix oryzoborus</i> . Tordo arrocero (Bobolink)	Pequeñas y puntuales bandadas migratorias de invierno provenientes de USA. Consumen semillas de arroz. Ocasional en ciertas áreas de Portuguesa y Cojedes.	Noviembre a marzo	Ruidos con latas, tambores. Cañones, cohetes.

Cuadro XIII-1. (Cont.).				
Icteridae (Cont.)	<i>Agelaius icterocephalus</i> Turpial de agua (Yellow headed blackbird)	Bandadas pequeñas, consumen semillas de arroz y otras, bordes del cultivo. Asociado plantas de eneas o juncos.	Residente	Ruidos con latas, tambores. Cañones, cohetes.
Anatidae	<i>Dendrocygna bicolor</i> Tejé o Yaguaso colorado (Fulvous whistling duck) <i>Dendrocygna autumnalis</i> Guirín (Black-bellied whistling duck) <i>Dendrocygna viduata</i> . Yaguaso cariblancó (White-faced whistling duck)	Consumo de semilla de arroz germinada, iniciación de la siembra, espejo de agua	Noviembre a marzo (Costa norte) De abril a agosto (Llanos y arrozales)	Luces o mechurrios alrededor del espejo de agua.



Figura XIII-10. Gallito azul, pájaro arrocero y pato güirirí.

permanecen con escaso daño evidente (Gómez y Crigan 1989). El daño por aves puede estar relacionado con el tamaño del campo, número de aves presentes y actividad, o hábito alimentario o reproductivo que realizan en un determinado momento. Los grupos señalados como plagas en cultivos de arroz en áreas arroceras de Venezuela se muestran resumidos en el Cuadro XIII-1 y la Figura XIII-10.

Naturaleza y amplitud del daño

Resultados sobre biología y métodos de control de aves en localidades de Payara, agua Blanca, Ospino, Píritu y Turén del estado Portuguesa sugieren que cinco especies de aves causan daño; en tanto que 100% correspondió a pájaros, 82,7% a patos, 52% a gallitos, 30% a palomas y 26,1% a gallinetas. En cuanto al índice de severidad, el daño varía de acuerdo con la etapa del cultivo de arroz y la especie de ave, donde en los primeros 30 días la mayor incidencia y severidad estuvo constituida por patos, entre 60 y 90 días, por gallitos y entre 90 y 120 días, por pájaros. Las épocas críticas por presencia de aves y daño al cultivo fueron desde enero a marzo, por pájaros, de abril a junio, por patos; y de julio a septiembre, por gallitos (Agüero *et al.* 1994)

El consumo de grano en su estado lechoso es el daño más frecuente causado por pájaros. La utilización del follaje del arroz para construcción de nidos o plataformas y el consumo de grano en menor grado fue observado en gallitos. Los patos silbadores parece preferir la semilla de arroz pregerminado o en las primeras etapas de desarrollo vegetativo del cultivo.

Manejo de aves en arroz

Familia *Fringillidae* e *Icteridae*. Arrocero americano, turpial de agua, tordo arrocero y torditos

Estudios sobre el pájaro arrocero (*S. americana*) establecieron que sus poblaciones ocurren entre septiembre y abril (ocho meses). Su comportamiento extremadamente gregario para alimentarse y pernoctar los hace asociarse en grandes bandadas, las cuales pueden alcanzar 3 millones de pájaros. En nuestro país se comportan como granívoros y medianamente insectívoros durante el invierno en el norte, mientras que en los llanos de Venezuela se alimentan de semillas de maleza, sorgo y arroz, cuando estos cereales están disponibles. En los últimos años los grupos se han visto disminuidos por causas de mortalidad por frío y operaciones humanas de exterminio en sus dormitorios (Basili 1997; Basili y Temple 1999).

El daño causado por el arrocero a los cultivos de cereales en Venezuela fue evaluado mediante una consulta a productores en 93% de los encuestados había sufrido por esta especie, 14% admitió haber utilizado control químico y otro 41%, exterminio de los pájaros. Resultados de Basili (1997), estimaron que el arrocero en Portuguesa consumió 2,4% de sorgo y 1,3% de arroz, con una hiperfagia manifiesta cuando se prepara para el regreso al norte (marzo-abril). A nivel regional y nacional se estimó que consume entre 0,45 al 0,75% del grano producido. El valor estimado para el momento del estudio alcanzó US\$ 1.874.000.

El control de estas aves incluye la producción de sonidos, mediante el uso de cohetes, armas de fuego y cañones. Otra forma de producir ruidos es utilizando los llamados pajareros (personas que utilizan latas, tapas o gritos para espantar las bandadas de pájaros que están en el cultivo). También se aplica la quema de cauchos con azufre, ya que el humo actúa como repelente de aves. Estas medidas deben ser implantadas desde las primeras horas de la mañana, para evitar que los pájaros se establezcan en los lotes sembrados; igualmente deben rotarse periódicamente para evitar que los pájaros se acostumbren al método de control aplicado.

En relación con el arrocero americano, ave migratoria que durante los meses de marzo y abril necesita consumir mayor cantidad de alimento para acumular energía para el vuelo de regreso, es aconsejable que en las zonas arroceras se manejen los ciclos de siembras, para evitar que el arroz durante este período sea consumible por estas aves.

La disminución de la lámina de agua de riego del arroz en el momento oportuno, es una práctica agronómica que permite disminuir los daños ocasionados por el gallito azul (Agüero 1995).

El calendario cinegético del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales establece para los estados Cojedes, Guárico, Portuguesa y Zulia una época de cacería del gallito azul. La misma tiene vigencia durante los meses de abril y mayo. Esta medida permite disminuir la población de la especie.

Familia *Anatidae*. Yaguaso cariblanco, güiriri y tejé

El control de estas especies debe realizarse durante la primera semana de sembrado el arroz y, a veces, durante el primer riego. La luz producida mediante mecheros y reflectores han sido efectivos para ahuyentar los patos de las áreas recién sembradas de arroz. También se ha utilizado la combinación de luz y sonido, este último producido por cohetes, armas de fuego o cañones. Otra forma de contrarrestar el daño causado por estas aves, es mediante la cacería deportiva, lo que permite reducir las poblaciones sin exterminarlas y además se aprovecha su carne.



Capítulo XIV

Producción y Certificación de Semillas de Arroz

Venezuela es un país que cuenta con excelentes condiciones agroecológicas para la producción de arroz, no sólo para satisfacer sus propias necesidades de grano y semillas, sino también para competir con ventaja en los mercados internacionales.

Sin duda alguna, uno de los insumos agrícolas que contribuye a incrementar los rendimientos cuantitativos y mejora del producto obtenido, es el empleo de semilla de buena calidad genética y fisiológica, con óptimos valores de pureza física, humedad, germinación y condiciones sanitarias. Los programas de producción de semillas constituyen el vínculo dinámico indispensable entre el mejorador y los agricultores. La producción de semilla certificada de arroz en Venezuela es una actividad muy importante y estratégica que realizan el sector privado, el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) a través del Servicio Nacional de Semillas (SENASEM) en los centros regionales, con la finalidad de controlar y mejorar la calidad de la semilla de arroz con énfasis en el proceso de certificación.

Uno de los servicios tecnológicos en apoyo a la producción que se ha fortalecido a lo largo de 45 años, es el Programa de Certificación de Semillas. La interacción y el constante intercambio de experiencias con el sector de productores de semillas de diferentes cultivos ha permitido afinar y consolidar metodologías de trabajo y desarrollo de tecnologías operativas, cuyo resultado es altamente positivo. La creación en 1987 del SENASEM, constituye un punto de inflexión importante en este proceso.

Certificación de semillas

Es un proceso técnico de supervisión y verificación oficial, realizado por el SENASEM, destinado a mantener la identidad genética, garantizar la calidad fisiológica, física y sanitaria de la semilla, de acuerdo con normas y requisitos establecidos para cada cultivar, categoría o clase de semilla.

Cultivares elegibles

Los cultivares desarrollados por el sector oficial y privado pueden optar a la elegibilidad a través del SENASEM, como nueva variedad comercial al constatar sus bondades en los Ensayos Regionales Uniformes. Las variedades liberadas de arroz en los que actualmente se basa la producción de semilla son: Araure-4, Palmar, Cimarrón, FONAIAP-1, FONAIAP-2000, Zeta-15, FUNDARROZ, PN-1, Setsa V-33, FEDEARROZ 50 y D-Sativa.

Clases de semilla

La producción de semilla certificada contempla una serie de etapas de multiplicación o de generaciones con denominaciones específicas, de acuerdo con las normas generales sobre la materia. En este sentido se consideran cinco clases:

- Semilla genética o del fitomejorador.
- Semilla fundación o básica.
- Semilla registrada.
- Semilla certificada.
- Semilla fiscalizada.

Semilla genética

Es la semilla de la primera generación, resultante del proceso de mejoramiento genético, capaz de reproducir la identidad de un cultivar, manejada y conducida por un fitomejorador, a partir de la cual se produce la semilla básica o de fundación.

Semilla fundación o básica

Es el producto obtenido a partir de la semilla genética, producida bajo supervisión de un fitomejorador o entidad creadora del cultivar y sometida al proceso de certificación.

Semilla registrada

Es aquella obtenida a partir de la semilla de fundación o básica, sometida al proceso de certificación y que cumple con los requisitos establecidos para esta categoría de semilla.

Semilla certificada

Es aquella proveniente de la multiplicación de semilla de fundación, o de semilla registrada, sometida al proceso de certificación y que cumple

con los requisitos de calidad establecidos para esta categoría de semilla. La producción la realizan las empresas productoras de semilla a través de agricultores seleccionados (multiplicadores).

Semilla fiscalizada

Proveniente de cultivares genéticamente mejorados, cuyo producto final es debidamente aprobado y cumple con todos los requisitos establecidos en el Reglamento de Certificación de Semillas del Servicio Nacional, excepto con el Registro de Genealogía.

Fundamentos legales para la producción de semilla certificada de arroz

Hasta mediados del año 2002, nuestro país no contaba con una ley específica de semilla y en su defecto privaba la Resolución N° 159, emitida por el antiguo Ministerio de Agricultura y Cría, donde se dictaban normas generales sobre la materia, creándose el Servicio Nacional de Semillas (SENASA), respaldado por la Ley Orgánica de la Administración Pública Central y la Ley sobre Defensa Sanitaria Vegetal y Animal. Como elementos complementarios a esta resolución, se observaban los reglamentos y normas específicas para la certificación de semilla de arroz.

En fecha 18 de octubre de 2002, la Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela promulgó la Ley de Semilla, Material para la Reproducción Animal e Insumos Biológicos, según Gaceta Oficial N° 37552.

Requisitos para la producción

Los requisitos específicos para ser productor de semilla certificada de arroz, difieren de un país a otro. En nuestro medio se mantienen las siguientes exigencias:

- Registro del productor.
- Registro del representante técnico.
- Inscripción del campo de multiplicación.
- Requisitos específicos de la plantación.
- Requisitos específicos de la semilla.

Registro del productor

La persona natural o jurídica que se ocupa directamente y es responsable de la multiplicación, acondicionamiento y comercialización del producto, debe registrarse como productor de semilla, para lo cual debe intro-

ducir una solicitud dirigida al SENASEM, según planilla elaborada al efecto, acompañada por los siguientes recaudos:

- Copia del registro mercantil de la empresa, para personas jurídicas.
- Copia de la cédula de identidad, para las personas naturales.
- Memoria descriptiva de las instalaciones y equipos usados en el procesamiento y manejo de semillas, o en su defecto, copia de contrato con empresa de servicios procesadora de semilla, registrada en el SENASEM.
- Copia de contrato con representante técnico.

Registro del representante técnico

Todo profesional universitario del área agrícola en ejercicio legal en el país, calificado en tecnología de semillas que asume responsabilidades técnicas en una empresa productora, procesadora o comercializadora de semillas o aquél que ejerza estas mismas funciones de manera independiente, debe registrarse ante el SENASEM, para lo cual introduce la planilla acompañada de la cédula de identidad, currículum vitae, título académico y contrato de trabajo de empresa relacionada con la producción, procesamiento o comercialización de semillas.

Atribuciones del representante técnico

- Evaluar en campos y planta las semillas básicas y certificadas producidas y comparar las observaciones que se le hagan al material con las tolerancias permitidas.
- Llevar registros y estadísticas relacionadas con la producción y certificación.
- Dirigir con el funcionario adscrito al servicio, la toma de la muestra de los lotes de semillas en proceso de certificación.
- Supervisar el proceso de colocación de etiquetas de los lotes de semillas que cumplieron la certificación.
- Suministrar la información solicitada y prestar atención de cualquier reclamo sobre la semilla producida.
- Resolver los problemas técnicos que se presentan durante la multiplicación, procesamiento, almacenamiento y distribución de la semilla.
- Velar que la semilla sembrada y producida sea del cultivar mencionado y no haya sido contaminada genética o mecánicamente.
- Servir de enlace entre la empresa y el organismo certificador.
- Otras que ameriten importancia para lograr la máxima calidad de la semilla producida.

Inscripción de campos de multiplicación

Una vez aceptado el productor, debe cumplir el requisito de la inscripción del campo de multiplicación de semillas; para ello debe suministrar a través de una planilla, datos referentes al cultivar, clase o categoría de semilla a producir, superficie a sembrar, ubicación, nombre de la finca y del cooperador y fecha de siembra prevista. Aceptada la inscripción, se procede a efectuar las inspecciones de campo, donde se toman en cuenta los siguientes aspectos:

Condiciones internas. Se deben efectuar prácticas que garanticen la eliminación eficiente de los restos de siembras anteriores; y en todo caso, la variedad a sembrar debe corresponder a la establecida anteriormente. Los campos no deben estar infestados con malezas nocivas (arroz rojo), u otras malezas que puedan causar serios problemas en cuanto al manejo agronómico de la plantación. Además deben tener buenas condiciones de acceso, como factor de importancia para efectuar oportunamente las inspecciones de campo. En líneas generales, los suelos deben ser aptos para la explotación arrocerá.

Aislamiento. Todo campo destinado a la producción de semilla deberá estar claramente separado de cualquier otro campo de arroz ya bien por diques, caminos, canales y otros elementos considerables, si se trata de la misma variedad.

Cuando las variedades son diferentes esta separación será de 20 metros, si la siembra se efectúa con sembradora en hilera o al voleo y de 60 m, en caso de siembras aéreas.

Requisitos específicos de la plantación

Se corresponden con el mantenimiento de la plantación en condiciones apropiadas que garanticen la identidad genética del cultivar, la calidad fisiológica y sanidad de la semilla a producir. Estos requisitos son establecidos por el SENASEM y deben ser reconocidos por el productor y el responsable técnico de la producción, atendiendo a los factores de tolerancia señalados en el Cuadro XIV-1.

Cuadro XIV-1. Factores de tolerancia para las diferentes clases de semillas sembradas, por cada 200 m² de superficie.

Factor para 200 m²	Fundación	Registrada	Certificada
Malezas nocivas (N° de plantas)	0	0	1
Arroz rojo (panículas)	0	0	1
Mezcla varietal de forma y ciclo igual (panículas)	0	0	1
Mezcla varietal de forma y ciclo diferente (panículas)	0	0	1
Enfermedades transmisibles por semillas	Libre	Libre	Libre

Al margen de los requisitos expuestos, la plantación debe estar dividida en lotes no mayores de 50 ha, para facilitar las inspecciones del mismo. Igualmente, los muros y canales del campo deben mantenerse libre de malezas.

Requisitos específicos de la semilla

En el Cuadro XIV-2 se indican los requisitos específicos de la semilla de arroz sujeta a certificación oficial.

Cuando el análisis de laboratorio demuestra que la semilla ha cumplido con todos los requisitos exigidos en el reglamento, se le entregan al productor las etiquetas que certifican la calidad y aptitud para la siembra de los lotes correspondientes.

Inspección de campo

Los técnicos del SENASEM, realizan las inspecciones oficiales de aquellos campos de multiplicación inscritos, con la finalidad de comparar las evaluaciones con los factores mínimos establecidos. El responsable técnico del productor tiene la obligación de acatar las recomendaciones y aplicar el paquete tecnológico del cultivo, para asegurar la pureza varietal, física, fisiológica y sanitaria de la semilla a producir.

Cuadro XIV-2. Requisitos que debe cumplir la semilla de arroz para las diferentes clases a que pertenece.

Factor	Clase de Semilla		
	Fundación	Registrada	Certificada
Germinación (mín.) %	80	80	80
Semilla pura (mín.) %	99	99	99
Materia inerte (máx.) %	1	1	1
Semilla de malezas (máx.) %	0	0	0
Semillas de otros cultivos (máx.) %	0	0	0
Humedad (máx.) %	12	12	12
Semilla de malezas comunes (N°/kg.)	0	0	10
Semilla de malezas nocivas (N°/kg.)	0	0	3
Otras semillas:			
Cultivo de forma y ciclo diferente	0	0	0
Cultivo de forma y ciclo igual	0	10	30
Semillas manchadas	500	500	500
Semillas inmaduras	500	500	500
Enfermedades transmisibles por semillas	Libre	Libre	Libre

Inspector de campo

Es la persona adiestrada en labores de inspección y calificada por la unidad certificadora. Tiene las funciones de extensión educativa y la de juez, al aplicar las normas establecidas, aprobando o descartando los campos.

El inspector debe conocer las características del cultivar sembrado y saber identificar plantas atípicas. Debe reconocer anomalías fisiológicas por deficiencias nutricionales, variación de temperatura o deficiencias hídricas. Requiere reconocer síntomas de enfermedades e identificar malezas indeseables contaminantes de difícil separación, así como tener conocimiento de métodos de muestreo.

Frecuencia de las inspecciones

En los cultivos de uso comercial como el arroz, está previsto que la época de inspección de campo en la producción de semilla debe considerar:

- La inspección oficial previa antes de la siembra, donde se determina la localización de lotes, extensión, cultivos sembrados anteriormente, grado de infestación de malezas y aislamiento.

- La primera inspección oficial del cultivo, durante la fase vegetativa y antes del inicio de la floración para evaluar germinación, población, estado general del cultivo y malezas comunes.

- La segunda inspección oficial, durante la floración, la cual permite constatar la presencia de malezas comunes y nocivas, mezcla varietal, plantas atípicas, ataque de plagas y agentes patógenos.

- La tercera inspección oficial antes de la cosecha. En esta etapa podemos estimar la producción neta, dar recomendaciones para esta labor en cuanto a limpieza y graduación del equipo utilizado, para evitar contaminación y daño de la semilla. También determina si las recomendaciones de la visita anterior se cumplieron.

Procedimiento para inspecciones

Las inspecciones deben hacerse al azar, evitando tendencias y preferencias subjetivas.

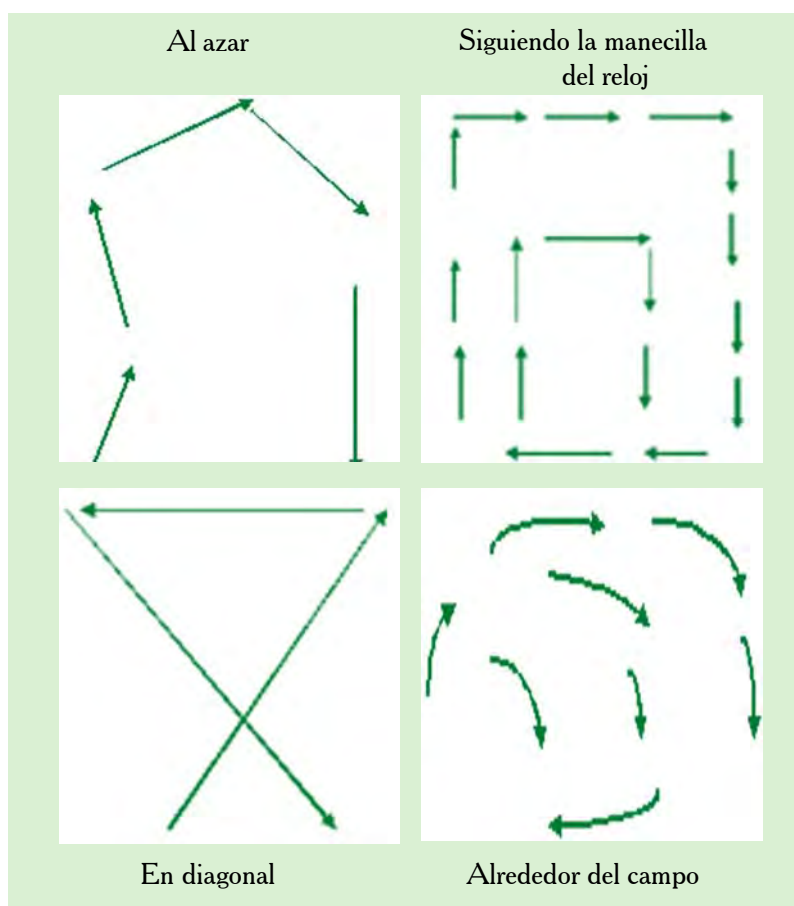
El productor y su representante técnico deben acompañar al inspector durante su visita, si fuera posible. Pero en todo caso, este último debe estar presente durante la inspección completa.

El inspector debe mostrar al responsable técnico todos los aspectos anormales observados en el campo, presentando debida cuenta en el reporte correspondiente.

El inspector debe recorrer la mayor superficie de siembra e inspeccionar todas las esquinas y áreas problemáticas.

La inspección de campo se realiza para verificar cinco factores importantes, como son:

- La elegibilidad y la variedad de la fuente de la semilla que se utilizará para sembrar el campo.
- El cumplimiento de los requisitos de la plantación.
- La realización de prácticas esenciales en la producción de semilla de arroz.
- El cumplimiento de los requisitos de aislamiento.
- El cumplimiento de los requisitos específicos prescritos para pureza varietal, pureza física, ausencia de enfermedades.
- El procedimiento para efectuar la inspección de un arrozal, se indica en las figuras siguientes:



Cosecha y procesamiento de la semilla

La cosecha de la semilla de arroz, cuando la planta alcanza su estado de madurez, debe realizarse preferiblemente en horas cálidas del día o cuando haya desaparecido el rocío, teniendo presente que la humedad del grano para efecto del corte, debe estar entre 18 y 24 por ciento.

El lapso de siembra a cosechar depende de la variedad y fluctúa entre 120 y 140 días. El campo debe estar previamente drenado antes de efectuar la cosecha; la cosechadora y demás equipos han de estar perfectamente limpios para evitar contaminación, cuidando que la maquinaria tenga la graduación precisa, para evitar el deterioro de la semilla.

Proceso de la semilla en planta de beneficio

El procesamiento de la semilla es parte integral del esfuerzo tecnológico que implica transformar el grano de arroz en semilla de calidad superior. Este proceso tiene como objetivo la separación de los materiales contaminantes que vienen con la semilla (materia inerte, semillas de otros cultivos, malezas, semillas con daños mecánicos y afectadas por insectos y otros), para garantizar una pureza física en concordancia con las normas reglamentarias y requisitos específicos de la semilla de arroz. En este sentido las etapas correspondientes comprenden:

Prelimpieza

Se utiliza una máquina que posee usualmente un sólo código superior y puede incluir o no un sistema de ventilación. Su función principal es facilitar un flujo fácil de la semilla en los otros procesos, eliminando las impurezas de mayor tamaño, ya que mediante su acción se reduce el volumen del material que procede del campo y en consecuencia se incrementa la capacidad para el secado.

Secado

En el secado se elimina parte de la humedad que trae la semilla del campo, con el fin de protegerla del ataque de hongos e insectos. El secado implica un aumento de la temperatura y una disminución de la humedad alrededor del grano. Hay varios tipos de secado, siendo los más comunes el de silo y el de túnel, ambos consisten en hacer circular el aire caliente entre 38 y 42° C a través de la masa de semilla.

La humedad ideal en la semilla de arroz es de 12%, por cuanto a este nivel se inhiben los procesos metabólicos de la semilla, pudiendo permanecer almacenada durante largos períodos, sin deteriorarse.

Limpieza y clasificación

Esta labor consiste en separar la semilla de arroz sobre la base de diferencias en peso y tamaño (diámetro y longitud) de materiales extraños como semillas de maleza, de otros cultivos o variedades distintas; por acción simultánea de zarandas, cilindros alveolados o discos y corrientes de aire, donde se eliminan impurezas y semillas vanas no separadas por los tamices. Con esta operación se garantiza la pureza física de la semilla.

Tratamiento y ensacado

Una práctica adoptada por los productores de semilla de arroz ha sido su tratamiento con una mezcla de insecticida y funguicida, con el objeto de evitar deterioro durante el almacenamiento y el ataque de insectos y agentes patógenos; además de proteger la semilla en los primeros estados de crecimiento del cultivo. La semilla debe ser empacada en sacos nuevos, para que no exista la posibilidad de contaminación.

Almacenamiento de la semilla de arroz

El almacenamiento del producto es factor esencial para un programa exitoso de semilla. El almacenamiento adecuado preserva la viabilidad y el vigor de la semilla desde la cosecha hasta su mercadeo, protegiendo la inversión, así como la seriedad del programa mismo. Es posible que la semilla se produzca dentro del más cuidadoso sistema de inspección, y que la cosecha se realice en época oportuna, utilizando el equipo de beneficio más conveniente, recibiendo además el procesamiento de más alta calidad. Sin embargo, una parte o la totalidad de la inversión de tiempo, esfuerzo y dinero, corre el riesgo de perderse si se almacena en malas condiciones a nivel de humedad muy elevada.

La semilla de arroz se almacena por dos razones:

- Las épocas de cosecha y de siembra no coinciden, lo que conlleva a la necesidad de conservarla durante un tiempo, hasta su uso.
- Preservar o mantener la calidad fisiológica de la semilla, minimizando la tasa de deterioro; para ello la semilla debe tener bajo contenido de humedad, entre 10 y 12% y el almacén ya sea natural o artificial, debe proveer baja temperatura, 12° C y baja humedad relativa, 50 a 55 por ciento.

Es necesario tener presente que en el almacenaje de los lotes, éstos no deben sobrepasar 20.000 kg, manteniéndose debidamente identificados y dispuestos de forma tal que faciliten su inspección.

Control de plagas. Muestreo oficial y etiquetado

Muestreo oficial

Después de procesada, tratada y empacada, la semilla se somete a una evaluación final que permita avalar su calidad. Esta evaluación se hace mediante el análisis de semilla, el cual nos garantiza el cumplimiento de los requisitos establecidos. Un paso previo a este análisis es la toma de la muestra oficial, que se realiza al finalizar el proceso de clasificación.

Análisis

Consiste en determinar la pureza genética, el grado de humedad para su almacenamiento, el porcentaje de semilla pura e inerte, cantidad de malezas, porcentaje de germinación y otros aspectos que garanticen al agricultor la calidad del material que usará en la siembra de sus campos.

Supervisión a la planta de beneficio

Es la última fase del proceso de certificación y consiste en la supervisión que realiza el organismo certificador a las plantas de beneficio, en atención con los siguientes aspectos:

- Exigir el cumplimiento de las normas sobre tratamiento, empaque y almacenamiento.
- Controlar los volúmenes procedentes del campo.
- Evitar que se procesen materiales que no han sido inspeccionados en campo.
- Evitar la comercialización de materiales que no reúnan los requisitos exigidos o cuyos resultados de análisis se desconozcan.
- Verificar el etiquetado de los lotes.



Capítulo XV

Costos de Producción

Para los efectos del análisis de costos se consideran tres grupos de trabajo representativos de las respectivas zonas de producción, tomando en cuenta, fundamentalmente, en cada caso, los valores de costos directos, lo de cosecha y transporte.

Los grupos de productores considerados corresponden a las siguientes entidades:

- Asociación de Productores Rurales del Estado Portuguesa (ASOPORTUGUESA).
- Asociación de Productores de Semillas de los Llanos Occidentales. (APROSCELLO).
- Asociación de Productores Agrícolas del Sistema de Riego Río Guárico (APROSIGUA).

Los cargos adicionales por concepto de manejo administrativo, costo de seguro agrícola, pago de intereses, entre otros, presentan mucha variabilidad u omisiones entre uno u otro sector; pero en todo caso, podemos destacar que estos costos complementarios se calculan entre 14 % para APROSCELLO, y 21% para ASOPORTUGUESA y APROSIGUA sobre los gastos directos indicados.

En el Cuadro XV-1 se muestran los valores absolutos, reflejados en moneda nacional (bolívares), sobre los cuales se expresan los valores porcentuales.

Los valores señalados para los tres escenarios de producción están actualizados al ciclo de lluvias 2003. En el caso de APROSCELLO, corresponden a la producción de arroz comercial para consumo.

Es importante destacar que independientemente del frecuente incremento que ocurre en los costos de producción de arroz, la incidencia porcentual de los diferentes conceptos, respecto al gran total, se ha mantenido más o menos estable a lo largo de diferentes ciclos de siembra.

Cuadro XV-1. Costos de producción en arroz. Valores absolutos (Bs.) y porcentuales.			
Ciclo de lluvias 2003			
Concepto	ASOPORTUGUESA	APROSCELLO	APROSIGUA
Asistencia técnica	20.000,00 (1,68)	12.000,00 (1,10)	35.865,00 (2,44)
Preparación de suelos	85.000,00 (7,01)	160.000,00 (14,67)	130.000,00 (8,84)
Siembra	116.445,00 (9,60)	128.180,00 (11,75)	171.150,00 (11,63)
Control de malezas	324.024,00 (26,74)	205.809,00 (18,87)	238.148,00 (16,18)
Fertilización	237.840,00 (19,63)	218.606,00 (20,05)	265.626,00 (18,05)
Control de plagas (insectos vertebrados)	52.762,00 (4,35)	72.037,00 (6,61)	178.305,00 (12,12)
Control de enferm.	76.845,00 (6,34)	48.349,00 (4,43)	126.962,00 (8,63)
Riego	98.738,00 (8,15)	75.000,00 (6,88)	85.326,00 (5,80)
Cosecha/ transporte	200.000,00 (16,50)	170.500,00 (15,64)	240.000,00 (16,31)
Subtotal	1.211.954,00 (100)	1.090.481,00 (100)	1.471.382,00 (100)
Costos complementarios* (% sobre subtotal)	21	14	21
Total	1.463.132	1.243.148	1.795.882
* No existe uniformidad de conceptos y de valores contenidos en estos gastos, por parte de los diferentes sectores			

La relación y comparación de valores porcentuales revela, en cuanto al control de malezas, una mayor incidencia de gastos en la Región de los Llanos Occidentales, situación que se invierte respecto al control de plagas, donde la región central muestra un gasto significativamente mayor.

En relación con la preparación de suelos llama la atención la incidencia en el costo que acusa este concepto en el caso de APROSCELLO; situación que en cierta forma podría explicarse en función de la intensifi-

cación de esta labor a los efectos de lograr un mejor control y manejo de malezas. Los valores relativos correspondientes a siembra, fertilización y cosecha, incluido transporte, se presentan con similar incidencia dentro de los respectivos costos de producción; pero de cualquier forma, la mayor fluctuación que pudiera observarse en relación con la cosecha y el transporte, lógicamente está asociada con mayores rendimientos del arroz paddy.

Pese a los beneficios puntuales o momentáneos determinados por incrementos del precio de recepción del arroz paddy, generalmente el continuo ajuste de costos regularmente conduce a que el equivalente de rendimiento unitario para efectos de cubrir el costo de producción correspondiente, se estime sobre 3.500 o 4.000 kg/ha, lo que significa que para la expectativa de una buena rentabilidad, los valores de producción deban mantenerse por encima de 4.500 o 5.000 kg/ha.

En el Cuadro XV-2 se relaciona la equivalencia del costo de producción en términos de kilogramos de arroz que se requieren producir para compensar dicho costo en cada sector de trabajo, estimando en 400 Bs./kg el precio recibido por el productor para el período de estudio. También se indica el costo calculado para producir un kilogramo de arroz, tomando en cuenta las diferentes expectativas de producción.

Cuadro XV-2. Costos de producción de arroz en términos de producto requerido para compensar el costo monetario por unidad de superficie y costo calculado de un kilogramo de arroz cosechado.

Concepto	ASOPORTUGUESA	APROSCELLO	APROSIGUA
Costo total (Bs/ha)	1.463.132	1.243.148	1.795.882
Valor unitario (Bs./kg)	400	400	400
Costo aprox. (kg de arroz/ha)	3.657,8	3.107,8	4.489,7
Expectativa de producción (kg/ha)	5.000 - 5.500	5.000 - 5.500	6.000 - 6.500
Costo de produc. por kilogramo de arroz (Bs./kg)	292 - 266	248 - 226	299 - 276

Bibliografía

Introducción

- FAO (Departamento Económico y Social. Dirección de Estadística). 2004. Estadísticas de producción. Roma, Italia. URL: http://www.fao.org/es/ess/es/index_es.asp (consultado el 01/11/2004)
- Montilla, J. J. 1999. Agricultura y desarrollo humano en Venezuela. Un plan para el nuevo siglo. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Ed. por H. Almela, A. Montaldo y A. Romero. Maracay, Ven. Publicación Especial N° 37. 256 p.

Capítulo I

- De Datta, S. K. 1986. Desarrollo varietal del arroz. *En*: Producción de arroz. Fundamentos y prácticas. México, D. F. Limusa. pp: 205-255.
- González F. J. 1985. Origen, taxonomía y anatomía de la planta de arroz. *En*: Producción de arroz, investigación y producción. Ed. por E. Tascón y E. García, D. Cali, Col. CIAT. pp: 45-64.
- Páez, O. y Ortiz, A. 1999. Morfología, crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. *En*: X Curso-taller de producción económica de arroz bajo riego. Módulo 2. [s.l.] FUNDARROZ/FONAIAP/IUTEG/UCV-Agronomía. 44 p.
- Pinheiro, B. 1998. Morfología y crecimiento da planta de arroz. *En*: Curso internacional de mejoramiento del arroz. [Trabajos presentados. Brasil. Embrapa, 18 p.

Capítulo II

- Asociación de Productores Rurales del Estado Portuguesa (ASOPORTUGUESA). Departamento Técnico. [s.f.] [Informe]. Acarigua, estado Portuguesa. [s.p.]
- Asociación de Productores del Sistema de Riego Río Guárico (APROSIGUA). Departamento Técnico. [s.f.] [Informe]. Calabozo, estado Guárico. [s.p.]
- Asociación de Productores de Semillas de los Llanos Occidentales (APROSCELLO). Departamento Técnico. [s.f.] [Informe]. Acarigua, estado Portuguesa. [s.p.]
- Ministerio de la Producción y Comercio. División de Estadística e Informática. [s.l.] 2000. Estadísticas de producción. [s.p.]
- Rico, G.; Rodríguez, P. J. Peña, J. Monasterios y A. Amaya. 1999. Manejo de suelos en arroz. *En*: X Curso-taller de producción económica de arroz bajo riego. Modulo I. [Trabajos presentados] [s.l.] FUNDARROZ/FONAIAP/IUTEG/UCV-Agronomía. 125 p.

Capítulo III

- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1981. Morfología de una planta de arroz. Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido científico: J. González y M. Rosero. Producción: Arregocés. Calí, Col. CIAT. Serie 04 SR-5.04. 31 p.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1980. Crecimiento y etapas

- de Desarrollo de la planta de arroz. Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido científico: J. González y M. Rosero. Producción: Arregocés. Cali Col. CIAT. Serie 04 SR-504. 28 p.
- De Datta, S. K. 1986. Producción de arroz. Fundamentos y prácticas. México. D. F. Limusa. pp: 175-205.
- Fernández, F.; Vergara, B. S.; Yapit, N. y García, O. 1985. Crecimiento y etapas del desarrollo de la planta de arroz. *En: Arroz, investigación y producción*. E. Tascón y García, E. (Eds.). Cali, Col. CIAT. pp: 83-100.
- FONAIAP-Fundación Polar-Corina. 1995. Proyecto cooperativo: Efecto del manejo del riego y la densidad de siembra en el cultivo de arroz en Portuguesa. [s.l.] 25 p.
- Páez, O. y Ortiz, A. 1999. Morfología, crecimiento y desarrollo de la Planta de arroz. *En: X curso-taller de producción económica de arroz bajo riego. Módulo 2*. [s.l.] FUNDARROZ/FONAIAP/IUTEG/UCV-Agronomía. 44 p.
- Tascón, E. 1985. Manejo del cultivo del arroz irrigado en función de las etapas de desarrollo de la planta. Cali, Colombia. CIAT. 15 p. (Mimeografiado)

Capítulo IV

- De Datta, S. K. 1986. Efectos climatológicos sobre la producción de arroz. *En: Producción de arroz, fundamentos y práctica*. México, D. F., Ed. Limusa. pp: 29-61.
- Evans, L. T. y De Datta, S. K. 1979. The relation between irradiance and grain yield of irrigate rice in the Tropic, as influenced by cultivar, nitrogen fertilizer application and month planting. *Field Crops Res.* 2(1): 1-17.
- Páez, O. y Ortiz, A. 1999. Morfología, crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. *En: X Curso-Taller de producción económica de arroz bajo riego. Módulo 2*. Calabozo, FUNDARROZ/FONAIAP/IUTEG/UCV-Agronomía. 44 p.
- Vargas, J. P. 1985. El arroz y su medio ambiente. *En: Arroz, investigación y producción*. E. Tascón y E. García (Eds.). Cali, Col. CIAT. pp: 19-35.
- Rico, G.; Rodríguez, P. J.; Peña, J.; Monasterio, P. y Amaya, A. 1999. Manejo de suelos en arroz. *En: X Curso-taller de producción económica de arroz bajo riego. Módulo I*. Calabozo, FUNDARROZ/FONAIAP/IUTEG/UCV-Agronomía. 125 p.
- Satake, T. y Yoshida, S. 1978. High temperature induced sterility *En: Indica* rices at flowering. *Jpn. J. Crop Science.* 47:6-17.
- Yoshida, S. 1977. Rice. *En: Paulo de T. Alvim and T.T. Kozłowski (eds.) Ecophysiology of Tropic Crops*. New York Academic Press, Inc. pp: 57-58.
- Yoshida, S. 1973. Effects of temperature on growth of the rice plant (*Oryza sativa*) in a controlled environment. *Soil Sci. Plant Nutr.* 19: 299-310.
- Yoshida, S.; Cock, J. H. y Parao, J. T. 1972. Physiological aspects of high yields. *En: International Rice Research Institute. Rice Breeding*. Los Baños, Philippines. pp: 455-469.

Capítulo V

- Álvarez L., L. 1997. Producción de arroz en los llanos occidentales de Venezuela. Universidad Ezequiel Zamora. Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social, Barinas. 246 p.
- De Datta, S. K. 1986. Prácticas en el uso y manejo del agua para el cultivo de arroz. *En: Producción de arroz. Fundamentos y prácticas.* México, D. F. Limusa. pp: 341-394.
- Díaz, A. y Carbonell, J. 1985. Adecuación de tierras para la siembra de arroz. *En: Arroz, investigación y producción.* E. Tascón y E. García (Eds.). Cali, Col. CIAT. pp: 183-202.
- FONAIAP-Fundación Polar-Corina. 1995. Efecto del manejo del riego y la densidad de siembra en el cultivo del arroz en Portuguesa. Proyecto cooperativo de Investigación. Caracas, Ven. 25 p.
- Martínez G., P. 1998. Situación del cultivo del Arroz en Venezuela. [s.l.] Fundación Polar- FUNDARROZ. pp: 15-36.
- Rico, G.; Rodríguez, P.J.; Peña, J.; Monasterios, P y Amaya, A. 1999. Manejo de suelos en arroz *En: X Curso-taller de producción económica de arroz bajo riego. Modulo 1.* FUNDARROZ/FONAIAP/IUTEG/UCV-Agronomía. 125 p.

Capítulo VI

- Directorate of Rice Research. 1995. Development and use of hybrid rice technology. Annual Report 1993-94. Work Plan 1994-95. Directorate of Rice Research, Hyderabad, India. Grain, 2000. URL: <http://www.grain.org/publications/reports/hybrid.htm>. (consultado el 05-01-02)
- International Rice Research Institute. 1997. Hybrid rice breeding manual. Los Baños, Laguna, Philippines. pp: 7-18.
- Instituto Riograndese del Arroz, 2000. <http://www.IRGA.com> (consultado el 30-01-02).
- Muñoz, D. 1996. Estado de la investigación y desarrollo de la tecnología de híbridos de arroz en Colombia. *En: Memorias II - Reunión del grupo de trabajo de híbridos de arroz para América Latina y el Caribe.* Ibagué, Col.
- Pérez, M. 2001. Evaluación agronómica de híbridos y variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) en los llanos centrooccidentales. Tesis de grado. Universidad Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ). [p.v.].
- Rice Tec, Inc. 2001. Hybrid rice seed. URL: www.ricetec.com. (consultado el 13/19/2001).
- Sanabria, D.; Rodríguez, T.; Barreto, T. y Torres, A. 1997. Arroz de secano: otra alternativa evaluada por el FONAIAP para la diversificación de la producción en los llanos orientales de Venezuela. FONAIAP Divulga. N° 55:11-3.
- XIII Curso - Taller de Producción económica de arroz con riego en Venezuela. 1996. [Trabajos presentados] [s.l.] Fundación Nacional del Arroz. Venezuela. pp: 2-28.
- Xu, S. and Li, B. 1988. Managing hybrid rice seed production. *En: IRRI. Hybrid*

rice. Manila, Philippines. pp: 157-163
 Virmani, S. S. 1996. Hybrid rice. *Adv. Agron.* 57: 328-462.

Capítulo VII

- Albarrán, J. G.; Fernández, H.; Fuchs, M.; Pérez-Almeida, I.; Salazar, E.; Saldaña, G.; Vegas, A. y Zambrano, A. Y. 2004. Unidad de Biotecnología Vegetal del INIA-CENIAP. Doc. interno de trabajo. 35 p.
- Alvarez, R.; Graterol, E.; Acevedo, M.; Torrealba, G.; Gamboa, C.; De la Cruz, R.; Moreno, O.; Herrera, A.; Torres, E.; Torres, O.; Reyes, E.; Cardona, R.; Navas, M.; Castrillo, W.; Salazar, M. y Delgado, N. 2000. Plan Nacional de Mejoramiento Genético de Arroz: Una estrategia para optimizar el mejoramiento genético de arroz en Venezuela. *En: IV Congreso de Ciencia y Tecnología del Estado Portuguesa. [Trabajos presentados] [s.n.t.]* pp: 85-86.
- Barry, G. F. 2001. The use of the Monsanto draft rice genome sequence in research. *Plant Physiol.* 125:1164-1165.
- Bouharmont, J.; Dekeyser, A.; Van Sin Jan, V. and Dogbe, Y. S. 1991. Application of somaclonal variation and *in vitro* selection to rice improvement. *En: Khush, G.S. (Ed.) Rice genetics. Los Baños. Philippines. II: Proceedings of the Second International Rice Genetics Symposium. 1990. Los Baños, Laguna. Philippines* pp: 271-278.
- Goff, S. A.; Ricke, D.; Lan, T. H.; Presting, G.; Wang, R.; Dunn, M.; Glazebrook, J.; Sessions, A.; Oeller, P.; Varma, H. *et al.* 2002. A draft sequence of the rice genome (*Oryza sativa* L. spp. *Japonica*). *Science* 296: 92-100.
- Hoa, T. T. C.; Al-Babili, S.; Schaub, P.; Potrykus, I. and Beyer, P. 2003. Golden *Indica* and *Japonica* rice lines amenable to deregulation. *Plant Physiol.* 133:161-169.
- Lentini, Z.; Martínez, C. P. and Roca, W. M. 1991. Generation of doubled haploids feasible for a rice breeding program. *En: Proc. of the 5th Ann. Meeting of the Rockefeller Foundation Int'l Program on Rice Biotechn. (Abstr.)* p. 8.
- Niizeki, H. and Oono, K. 1968. Induction of haploid rice plant from anther culture. *Proc. Jpn. Acad.* 44: 554-557.
- Potrykus, I. 2001. Golden rice and beyond. *Plant Physiol.* 125:1157-1161.
- Sanint, L. R.; Martínez, C. P.; Ramírez, A. and Lentini, Z. 1993. Rice anther culture versus conventional breeding: a cost/benefit analysis. *En: CIAT. Trends in CIAT commodities.* 32 p.
- Sasaki T. and Burr, B. 2000. International rice genome sequencing project: the effort to completely sequence the rice genome. *Curr. Opin. Plant. Biol.* 3: 138-141.
- Torrealba, G.; Álvarez, R.; Torres, E.; Lentini, Z.; Gibbons, J.; González, D. y Mora, A. 2000. Variación somaclonal en genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) *En: IV Congreso de Ciencia y Tecnología del Estado Portuguesa. [Trabajos presentados] [s.n.t.]* pp: 71-72.
- Withers, L. and Alderson, P. G. 1986. Plant tissue culture and its agricultural

- applications. Londres, Butterworths, 526 p.
- Yu, J.; Hu, S.; Wang, J.; Wong, G.K.; Li, S.; Liu, B.; Deng, Y.; Dai, L.; Zhou, Y, Zhang, X. *et al.* 2002. A draft sequence of the rice genome (*Oryza sativa* L. spp. *Indica*). Science 296: 79-92.

Capítulo VIII

- Martínez, P. 1998. Situación del cultivo del arroz en Venezuela. Diagnóstico participativo [s.l.] FONAIAP-FUNDARROZ-APROSCELLO-APROSIGUA-APROSCCELLAC-FUSAGRI-Fundación Polar. (Publicación divulgativa)
- Peña, J.; Velásquez, L.; Araujo, D. y Pieruzzini, N. 1996. Evaluación del sistema de siembra directa en el cultivo de arroz en el estado Portuguesa. *En: XIV Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Memorias, Trujillo. Venezuela.* [p. v.]
- Rico, G.; Rodríguez, P.; Peña, J.; Monasterios, P. y Amaya, A. 1999. Manejo de suelos en arroz. *En: X Curso-taller sobre producción económica de arroz bajo riego. Módulo I. Araure. Ven. FUNDARROZ/ FONAIAP/IUTEG/UCV-Agronomía.* 125 p.

Capítulo IX

- Adams, M. 1995. Fundamentos de química de suelos. Caracas. Universidad Central de Venezuela. CDCH. 135 p.
- Carrillo de C., C. E. 1989. Eficiencia de los fertilizantes nitrogenados en arroz de riego en Calabozo, estado Guárico. Tesis de Doctorado. [s.n.t.]
- Curso de Postgrado en Ciencias del Suelo. Maracay, Ven. [s.f.] Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 153 p.
- Carrillo de C., C. E.; Casanova, E.; Rico, G. 1991. Cambios químicos en el agua de inundación de arroz de riego después de la aplicación de fertilizantes nitrogenados. *Agronomía Tropical.* 41 (1-2): 55-67.
- Conti, M. E. y Zubillaga, M. M. 1994. Relationship between soil potassium and the mineralogical characteristics of each textural fractions. *En: XV International Soil Science Congress. México.* pp: 38-39.
- Conti, M. 2001. Dinámica del potasio en el suelo. Primer simposio FAUBA, INTA. IPI. [s.n.t.]
- De Datta, S. K. 1981. Principles and practices of rice production. Toronto, Canada. John Wiley and Sons, Inc., 618 p.
- De Datta, S. K. 1983. Fertilizers and soil amendments for tropical rice. *En: UPCA, IRRI, PCARR, MA-BAE. Rice Production Manual Philippines. (Rev. Ed.) 1983. Los Baños, Philippines.* pp: 175 - 214.
- FAO. 1984. Fertilizer and Plant Nutrition Guide. Rome. Fertilizer and plant nutrition bulletin 9. [p.v.]
- International Technical Cooperation Center/Rural Development Administration,

- Republic of Korea (ITCC). 1991. Training of rice production. *En*: Jones, U. S.; J. C. Katyal; C. P. Mamaril and C. S. Park. 1980. Wetland rice-nutrient deficiencies other than nitrogen. Special International Symposium. 21-25 April, 1980. Rice research strategies for the future. IRRI. Los Baños, Philippines.
- Katyal, J. C. 1977. Influence of organic matter on the chemical and electrochemical properties of some flooded soils. *Soil Biol. Biochem.* 9: 259-266.
- Masushima, S. 1969. Nitrogen response to the rice plant at different stages of growth. *En*: Symposium of fertilizer effect in rice cultivation. Paper, Tokio. [s.n.t.]
- Masushima, S. 1995. Physiology of high-yielding rice plants from the view-point of yield components. In: Science of the rice plant. Physiology vol. 2. pp: 737-766. [s.n.t.]
- Miller, T. C. 1996. Mississippi rice growers guide. Mississippi State University, USA. [p.v.]
- Patrick, W. H. Jr. and Reddy, K. R. 1977. Fertilizer nitrogen reactions in flooded soils. In: Society of Science of Soil and Manure, Japan. Proc. of the International Seminar on soil environment management. *En*: Intensive Agriculture (SEFMIA). Tokyo, Japan. 1977. Patrick, W. H. Jr. and C. N. Reddy. 1978. Chemical changes in rice soils. *En*: Soils and rice. International Rice Research Institute. Los Baños, Philippines. pp: 275-281.
- Ponnamperuma, F. N. 1975. Understanding problem rice soils. *En*: International Rice Research Conference Papers. Los Baños, Philippines. International Rice Research Institute.
- Ponnamperuma, F. N. 1981. Properties of tropical rice soils. Text of a series of lectures prepared for delivery to graduate students at the tropical agriculture college. H. Cárdenas. Tabasco, Méx. July 23-25, 1981. Los Baños, Philippines. The International Rice Research Institute.
- Rao, K. S.; Dash, R. N. and Nayak, S. K. 1994. Growth, yield and uptake of nitrogen by irrigated rice as affected by timing of fertilizer application. In: Nitrogen economy of irrigated rice: Field and simulation studies. SARP Research Proceedings. *En*: International workshop on nitrogen management and modeling in irrigated proceedings rice. Suweon, Korea, 1-10 November, 1993. [p.v.]
- Rico, G. y De Datta, S. K. 1982 a. Diferencia varietal en utilización del nitrógeno del suelo. Arroz bajo condiciones de riego utilizando N15. *Agronomía Tropical.* 32 (1-6): 171-185.
- Rico, G. y De Datta, S. K. 1982. Efecto de fuentes, métodos y época de aplicación de nitrógeno sobre el rendimiento de arroz bajo condiciones de riego. *Agronomía Tropical.* 32 (1-6): 227-237.
- Rico, G.; Pérez, D.; Parra, J. G.; Agrinzones, H. y Ledezma, C. 1989. Día de campo sobre los proyectos de mejoramiento genético y agronómico de arroz que se efectúan en la región. Calabozo, Venezuela. FONAIAP Guárico. 23 p.
- Rico, G. 1997. Optimización de los Rendimientos en Arroz. *En*: I Jornadas de análisis para el mejoramiento continuo del arroz. FUNDARROZ/DANAC.

- Calabozo, 29-30 enero 1997. Informe de las Jornadas de análisis para el mejoramiento continuo del arroz en el estado Guárico. (Editado por M. Capriles y E. Capriles) [p.v.]
- Solórzano, P. R. 2001. Manual para la fertilización de cultivos en Venezuela. [s.l.] AGROISLEÑA. [p.v.]
- Tanaka, A. 1978. Role of organic matter. Soils and rice. Los Baños, Philippines. International Rice Research Institute. [p.v.]
- Torres, D. M. 2002. Funcionamiento del potasio en el sistema de riego; planta proyecto fertilizar. Artículo. [s.n.t.] p. 1-3
- Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. Los Baños, Philippines. International Rice Research Institute. 270 p.

Capítulo X

- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1983. Principales malezas en el cultivo de arroz en América Latina. Guía de estudio. [s.l.] 54 p.
- Castrillo, W. 2000. Efecto de la interferencia de *Echinochloa colonum* (L.) Link. en el rendimiento del arroz de riego. Tesis Magister Scientiarum en Agronomía. [s.l.] Facultad de Agronomía. UCV.
- Castrillo, W. y Parra, J. G. 1999. Identificada especie de maleza del género *Luziola*, asociada con el cultivo de arroz. FONAIAP Divulga N° 62. pp: 18-19.
- Doll, J. 1989. Principios básicos para el manejo de malezas en los cultivos. Cali, Col. CIAT. Guía de estudio. 59 p.
- Fischer, A. 1989. Aspectos de la interferencia. Principios básicos sobre el manejo de malezas. Escuela Agrícola Panamericana. Centro Internacional de Protección Vegetal. Universidad Estatal de Oregon, USA. pp: 41-45.
- Medina, D. y Dorante, I. 1995. Manual de identificación de malezas. [s.l.] APROSCELLO. 76 p.
- Medina, D. 1991. Informe técnico del Departamento de Investigación. [s.l.] APROSCELLO. 45 p.
- Medina, D. y Páez, O.; Castrillo, W.; Martínez, W. 1999 Manejo integrado de malezas en arroz. En: X Curso-taller sobre producción económica de arroz bajo riego. Modulo 3. FUNDARROZ/FONAIAP/IUTEG/UCV-Agronomía. 120 p.
- Ortega, N. 1987. Las malezas y su combate. Caracas, Ven. Universidad Central de Venezuela. 142 p.
- Pacheco, M. y Pérez, V. 1997. Identificación de biotipos de *Echinochloa colona* (L.) Link. potencialmente resistentes al Propanil, en los estados Guárico y Portuguesa. [s.l.] Tesis de Grado. Facultad de Agronomía, UCV. Maracay, Ven.
- Pabón, H. 1988. Principios para el manejo de las malezas en el cultivo del arroz. Revista Comalfi. Colombia 17 (1): 28-36.
- Páez N., O. y Almeida, N. 1994. Control integrado de malezas en arroz bajo riego en el estado Portuguesa. Agronomía Tropical (2): 245-256.

- Páez N., O. y Almeida, N. 1993. Manejo y control de malezas bajo inundación en campos de arroz. FONAIAP Divulga 10 (43): 22-24.
- Tascón, E. 1987. Principales malezas en arroz, identificación y control. Cali, Col. CIAT. 32 p. (Mimeografiado)
- Tascón, E. 1989. Malezas de arroz en América Latina y su manejo. Cali, Col. CIAT. 54 p. (Mimeografiado)
- Valverde, B. 1986. Modo de acción de los herbicidas. Principios básicos sobre el manejo de malezas. [s.l.] Centro Internacional de Protección Vegetal. Universidad Estatal de Oregon, USA. 221 p.
- Valverde B.; Riches, C. y Caseley, J. 2000. Prevención y manejo de malezas resistentes a herbicidas en arroz. Experiencias en América Central con *Echinochloa colona*. San José, Costa Rica. Cámara de Insumos Agropecuarios. 135 p.

Capítulo XI

- Castaña, J. 1983. Rice grain discoloration disease in Colombia. Final Report. Colombia. CIAT. 52 pp.
- Cardona, R.; Rodríguez, H.; Nass, H. 1995. *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* agente causal de la pudrición negra de la vaina foliar en arroz. BIOAGRO 7: 31-37.
- Cedeño, L.; Nass, H.; Carrero, C.; Cardona, R.; Rodríguez, H.; Alemán, L. 1997. *Sclerotium hydrophilum* en arroz en Venezuela. Fitopatol. Venez. 10: 9-12.
- Cedeño, L.; Nass, H.; Carrero, C.; Cardona, R.; Rodríguez, H.; Alemán, L. 1998. *Rhizoctonia oryzae-sativae*, agente causal de la mancha agregada del arroz en Venezuela. Interciencia 23: 248-251.
- Correa-Victoria, F. 1997. Principales enfermedades del arroz. En: MIP en arroz: manejo integrado de plagas, artrópodos, enfermedades y malezas Centro Fundación Polar. FEDEARROZ/FLAR. CIAT. Cali, Col.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 1988-2002. Informes anuales. Araure, Portuguesa. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Portuguesa. CIAE Portuguesa. [p.v.]
- Nass, H.; Rodríguez, H. 1983. Observaciones de la problemática fitopatológica del arroz en Portuguesa. FONAIAP Divulga 1 (11): 29.
- Nass, H.; Rodríguez, H. 1994. Efecto de la lámina de agua y densidad de siembra sobre el desarrollo de *Rhizoctonia solani* en arroz. BIOAGRO 6: 31-34
- Ou, S.H. 1985 Rice diseases. 2 ed. Kew, Surrey, England. Commonwealth Mycological Institute.
- Prabhu, A.; Bedendo, I. y Filipi, M. 1995. Principais doenças do arroz no Brasil. 3 ed. rev. Atual. Goiania. EMBRAPA – CNPAF. Documento 2. 43 p.
- Rodríguez, H.; Pineda, J. 1983. Incidencia del falso carbón en maíz. FONAIAP Divulga. 1 (11): 12-13.
- Rodríguez, H. 1981. Enfermedades del arroz. En: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). Centro de Investigaciones Agropecuarias Región Centrooccidental (CIARCO). El cultivo del arroz. Araure, Portuguesa, Venezuela. [p.v.]

- Rodríguez, H.; Nass, H.; Alemán, L. 1988. Incidencia y control del manchado del grano en arroz. *Fitopatología Venezolana* 1 (1): 5-7.
- Rodríguez, H.; Nass, H.; Arteaga de R., L. 1993. Tratamiento de semilla con fungicidas para controlar piricularia en arroz. *Fitopatol. Venez.* 6: 38-40.
- Rodríguez, H.; Nass, H.; Cardona, R.; Alemán, L. 1999. Alternativas para controlar el añublo de la vaina causado por *Rhizoctonia solani* en arroz. *Fitopatol. Venez.* 12: 18-21.
- Rodríguez, H.; Cardona, R.; Arteaga de R., L.; Alemán, L. 2001. Control químico del anublo de la vaina causado por *Rhizoctonia solani* Kühn en arroz BIOAGRO 13: 32-37.
- Rodríguez, H.; Arteaga de R. L.; Cardona, R.; Ramón, M. y Alemán, L. 2002. Respuesta de las variedades de arroz FONAIAP 1 y Cimarrón a dos densidades de siembra y dos dosis de nitrógeno. BIOAGRO 14 (2): 105-112

Capítulo XII

- Aponte, O. 1990. Manejo integrado de plagas en arroz. Maracay, Venezuela. FONAIAP, Estación Experimental Portuguesa. Serie B N° 13. 36 p.
- Aponte, O.; Vivas, L.; Escalona, L.; Castillo, P. 1992. Manejo integrado de artrópodos-plaga en arroz. Unidades de aprendizaje para la capacitación en tecnología de producción de arroz. Acarigua, estado Portuguesa, Venezuela CIAT/BID/FONAIAP/APROSELLO/APROSELLAC/IUTEP. 144 p.
- Aponte, O.; Vivas, L.; Escalona, L.; Castillo, P. 1998. Manejo integrado de artrópodos-plaga en arroz. Unidad de aprendizaje para la capacitación tecnológica en la producción de arroz. Acarigua, estado Portuguesa, Venezuela. FONAIAP/FUNDARROZ/UCV/IUTEP. 59 p.
- Cermelli, M.; García, E. y Gamboa, M. 1995. *Stenchaetothrips biformis* (Bagnall) (Thysanóptera: Thripidae) nueva plaga del arroz (*Oryza sativa* L.) en Venezuela. *Bol. Entomol. Venez.* 10 (2): 209-210.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1989. El manejo integrado de plagas del cultivo de arroz. Contenido científico: George Weber. Cali, Col. 69 p.
- Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). 1999. Informe Anual de la Sección de Entomología. Estación Experimental Guárico, Calabozo, Guárico (CIAEG). 114 p.
- Pantoja, A.; Hernández, M.P. 1992. Sogata cambió de nombre y de escala. Cali, CIAT. Arroz en las Américas. Colombia 13 (2): 18.
- Red de mejoramiento de arroz para el Caribe. 1991. Mesa redonda sobre protección vegetal. Santa Clara, Cuba. [s.n.t.] 107 p.
- Tascón, E. y García, E. 1985. Arroz: Investigación y producción. Cali, Col. 696 p.
- Vivas, L. E.; 1992. FONAIAP investiga insectos-plaga en el río Guárico. Arroz en las Américas. Colombia. 13 (2):11-12.
- Vivas, L. E. 1997. Dinámica poblacional de la sogata del arroz, *Tagosodes orizicolus* (Muir.) 1926 (Homóptera: Delphacidae) en el Guárico occidental. Maracay,

- estado Aragua. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía. UCV. 147 p.
- Vivas, L. E. 1999. Manejo de insectos-plaga en Calabozo. Boletín Resiembra. Concepto Milenium. Calabozo, estado Guárico. 1 (2): 1-5.
- Vivas, L. E. y Clavijo, S. 2000. Fluctuación poblacional de *Tagosodes orizicolus* (Muir) 1926 (Homóptera: *Delphacidae*) en el Sistema de Riego Río Guárico, Calabozo, estado Guárico, Venezuela. Bol. Entomol. Venez. 15 (2): 217-227.
- Vivas, L. E.; Clavijo, S. y González, H. 2001. Distribución temporal y espacial, y número óptimo de muestras para la estimación de las poblaciones de sogata *Tagosodes orizicolus*, (Muir.) 1926 (Homóptera: *Delphacidae*) en el cultivo de arroz en Calabozo, estado Guárico, Ven. Revista Científica Investigación Agrícola. DANAC-Fundación Polar. Dirección Internet (URL): <http://www.redpav-fpolar.info.ve/danac>
- Weber, G. 1986. Manejo integrado de plagas. Un ahorro y una inversión. Arroz en las Américas. Colombia. 7 (2): 1-7.

Capítulo XIII

- Agüero, D. y Miralles, E. 1977. El uso de raticidas en Venezuela. En: Seminario sobre el uso de biocidas en Venezuela. Guanare, estado Portuguesa. Ven. UNELLEZ. 1: 110-151.
- Agüero, D. 1978. Análisis reproductivo de una población de *Holochilus brasiliensis* (Rodentia- Cricetidae) en cultivos de arroz del estado Portuguesa. Agron. Trop. 28:102-116.
- Agüero, D. 1980. Muestreos poblacionales de ratas en cultivos de arroz del Distrito Turén, estado Portuguesa. En: VIII Congreso Latinoamericano de Zoología. Resúmenes. [s.n.t.] p. 151.
- Agüero, D.; Quevedo, J.; Tovar, I.; Flores, A.; Martínez, V y Espinoza, G. 1985. Estimación de daños y observaciones sobre la rata arrocera (*Holochilus venezuelae*) en caña de azúcar. Caña de Azúcar 3 (2): 63-70.
- Agüero, D.; Romero, P. y Martínez, R. 1994. Especies de aves que causan daños al cultivo de arroz. Visión Arrocera 1 (1): 4-5.
- Agüero, D. y Poleo, J. 1992. Vertebrados plaga en el cultivo de arroz. Unidades de aprendizaje para la capacitación en tecnología de producción de arroz. Cali, Col. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 151 p.
- Agüero, D. 1995. Observaciones en plagas de vertebrados. En: Proyecto cooperativo de investigación FONAIAP/Fundación Polar/Corina. Efecto del manejo del riego y la densidad de siembra en el cultivo de arroz. Caracas, Ven. 25 p.
- Agüero, D.; Poleo, J. y Duno, G. 1998. Vertebrados-plaga, módulo 5. Módulo para la capacitación en el cultivo del arroz. Acarigua, estado Portuguesa. FUNDARROZ/ FONAIAP/IUTEP/APROSCELLO/ UCV- Agronomía. 49 p.
- Agüero, D y Poleo, J. 2000. Potencial depredador de la lechuza de campanario (*Tyto alba*) sobre poblaciones de ratas en cultivos de arroz. Investigación Agrícola 5: 1-10 (disponible en internet.) URL: <http://www.redpav-fpolar.info.ve/danac/volumen5art2/index.html>.

- Agüero, D. 2001. Informe Anual 2001. Acarigua, estado Portuguesa, Ven. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Portuguesa. 22 p.
- Agüero, D.; Poleo, J. y Crespo, J. 2001. Muestreos poblacionales de ratas en siembras de arroz, situadas en el área del Sistema de Riego Río Boconó, estado Trujillo. *En*: IV Jornadas Técnico Divulgativas, Guárico-Apure 2001. Resúmenes. Calabozo. [s.e.] p. 26.
- Agüero, D. 2002. Evaluación del consumo en condiciones de laboratorio del raticida Broamdiolona al 0.005% en ratas arroceras *Holochilus sciureus*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Portuguesa. *En*: Informe Anual 2002. 34 p.
- Aguilera, M. y Barros, M. A. 1979. El cariotipo de una población referida a *Holochilus venezuelae*, Allen 1904 (Rodentia, Cricetidae) de Calabozo (Guárico, Ven.). *En*: XXIX Convención Anual de ASOVAC. Resúmenes.
- Andrewartha, H. G. 1973. Introducción al estudio de poblaciones animales. Madrid, Alhambra. 332 p.
- Asociación Venezolana para el Estudio de los Mamíferos. 1985. El estudio de los mamíferos en Venezuela, evaluación y perspectivas. Especies plagas. *En*: M. Aguilera. [Informe] Caracas, Ven. Fondo Editorial Acta Científica Venezolana. pp:147-153
- Basili, D. J. 1997. Continental-scale ecology y conservation of Dickcissels. A thesis dissertation for PhD in Wildlife Ecology. Madison. University of Wisconsin, USA. 151 p.
- Basili, D.J. y Temple, S. A. 1999. Dickcissels y crop damage in Venezuela: defining the problem with ecological models. *Ecological Application* 9: 732-739.
- Cabrera, M. I. y Agüero, D. A. 1984. Hábitos alimentarios de *Holochilus brasiliensis* (Rodentia, Cricetidae) roedor plaga del cultivo del arroz en el estado Portuguesa. *En*: XI Jornadas Agronómicas. Resúmenes. Maracaibo, estado Zulia. Venezuela. Sociedad Venezolana de Ingenieros Agrónomos (SVIA). PV-15.
- Candellet, F. y Aguilera, M. 1982. Estudio del tamaño poblacional de *Holochilus venezuelae* (Rodentia, Cricetidae) en cultivos de arroz del estado Portuguesa. *Acta Científica Venezolana* 34 (sup. 1): 145.
- Cartaya, E. y Aguilera, M. 1984. Área de acción de *Holochilus venezuelae* Allen, 1904 (Rodentia, Cricetidae) en un cultivo de arroz. *Acta Científica Venezolana* 35: 162-163.
- Cartaya, E. y Aguilera, M. 1985. Estudio de la comunidad de roedores plaga en el cultivo de arroz. *Acta Científica Venezolana* 36: 250-257.
- Eckholt, M. C. 2002. Dieta y selección de nidos de la lechuza de campanario (*Tyto alba*) en el Sistema de Riego Río Guarico. Trabajo de Grado Licenciatura en Biología. Caracas, Ven. Universidad Simón Bolívar. 41 p.
- Díaz, C. 1989. Evaluación del efecto de nidificación en nidos artificiales y actividad de las lechuzas (*Tyto alba*) en el Sistema de Riego Río Guarico. Trabajo de

- Grado Ingeniero Agrónomo. Maracay, estado Aragua, Ven. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 46 p.
- Fall, M. 1976. Agricultural rodent control in Venezuela. Preliminary report. Multig. [s.n.t.] 15 p.
- Fernández, B.; Guerrero, A. R.; Lord, O.; Ochoa, J. y Ulloa, G. 1988. Mamíferos de Venezuela, lista y claves para su identificación. Maracay, Ven. Museo del Instituto de Zoología Agrícola. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 185 p.
- Fulhorst, C. F.; Bowen, M. D.; Salas, R. A.; de Manzione, N.; Duno, G.; Utrera, A.; Ksiazek, T. G.; Peters, C. J.; Nichol, S. T. y Tesh, R. B. 1997a. Isolation y characterization of virus Pirital, a newly discovered South American Arenavirus. Am. J. Trop. Med. Hyg. 56 (5): 458-553.
- Fulhorst, C. F.; Monroe, M.; Salas, R. A.; Duno, G.; Utrera, A.; Ksiazek, T.; Peters, C. J.; Nichol, S. T.; de Manzione, N.; Tovar, D. y Tesh, R. B. 1997b. Isolation, characterization y geografic distribution of Caño Delgadito, a newly discovered South American hantavirus. Virus Research. pp: 160-170
- Gómez, F. y Crigan, A. T. 1989. Biology, conservation y management of water-fowl in Venezuela. Caracas, Ven. Ex Libris. 351 p.
- González R., A. 1980. Roedores plagas de las zonas agrícolas del Distrito Federal. México. Ins. Ecol. Mus. Historia Natural. 83 p.
- Glass, B. P. 1965. Key to the skulls of north american mammals. 7th ed. Stillwater, Oklahoma, USA. Department of Zoology Oklahoma State University. 53 p.
- Guagliumi, P. 1961. Las ratas plaga de la caña de azúcar en Venezuela. Maracay, Ven. Ministerio de Agricultura y Cría. Centro de Investigaciones Agronómicas, Circular N° 2. 42 p.
- Hilje, L. 1991. Los roedores plaga en Costa Rica. [s.n.t.] Informe a la Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 65 p.
- Lawlor, T. E. 1979. Handbook to the orders y families of living mammals. California. USA. Mad River Press. Eureka. 328 p.
- Linares, O. 1998. Mamíferos de Venezuela. Caracas, Ven. Sociedad Conservacionista Audubon de Venezuela. 691 p.
- López, J. M. 1989. Cuantificación de poblaciones de la lechuga de campanario (*Tyto alba*) en el Sistema de Riego Río Guarico. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Maracay, Ven. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela, 135 p.
- Martino, A. y Aguilera, M. 1993. Trophic relationships among four cricetidae rodents in rice fields. Rev. Biol. Trop. 41 (1): 131-141.
- Massoia, E. 1971. Caracteres y rasgos bioecológicos de *Holochilus brasiliensis chacarius* Thomas (rata nutria) de la provincia de Formosa y comparaciones con *Holochilus brasiliensis vulpinus* Brants (Mammalia-Rodentia-Cricetidae). Revista de Investigaciones Agropecuarias, INTA. Serie 1. 8: 1-40.
- Massoia, E. 1974. Ataques graves de *Holochilus* y otros roedores al cultivo de caña de azúcar. IDIA N° 321: 1-12.
- Mendoza, N. 1990. Depredación de las lechuzas sobre ratas del arrozal. Trabajo de Grado Ingeniero Agrónomo. Maracay, Ven. Facultad de Agronomía.

- Universidad Central de Venezuela, 95 p.
- Mohamad, S. y Goh, N.S. 1991. The use of barn owl (*Tyto alba*) to control rice field rats - an experience in Seberang Perak. MAPPS Newsletter N° 15: 2 – 20.
- Mohd, S. 1990. Barn owl (*Tyto alba*) for controlling rice field rats. MAPPS Newsletter N° 14: 4-51.
- Mora, P. P. 1991. Informe sobre biología y control de roedores plaga. Cuba. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Informe de Cuba a la Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 19 p.
- Organización Mundial de la Salud. 1974. Ecología y lucha contra los roedores de importancia sanitaria. Informe de un grupo científico de la OMS. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, Suiza. Serie de informes técnicos N° 553. 43 p.
- Perruolo, L. G. 1981. Estimación del potencial reproductivo de una población de *Holochilus brasiliensis* (Rodentia, Cricetidae) en cultivos de arroz en el occidente de Venezuela. San Cristóbal, Ven. Universidad Nacional Experimental del Estado Táchira. Trabajo de ascenso. [p.v.]
- Phelps, W y Meyer, R. 1979. Una guía de las aves de Venezuela. Caracas, Ven. Gráficas Armitano 484 p.
- Poleo, C. J. y Pérez, N. 1997. Prevención del daño de la rata arrocera (*Holochilus venezuelae*) . FONAIAP Divulga. N° 55: 25-28.
- Poleo, C. 1996 Actividad reproductiva y depredadora de la lechuza de campanario (*Tyto alba*) en nidos artificiales colocados en el Sistema de Riego Río Guárico. Calabozo, estado Guárico, Ven. Tesis M.Sc. Mención Fauna Silvestre. Guanare, estado Portuguesa. UNELLEZ. 140 p.
- Poleo, J y Agüero, D. A. 2000. Efecto depredador de la lechuza de campanario (*Tyto alba*) sobre poblaciones de ratas causantes de daño en el cultivo de arroz. Investigación Agrícola. 5: 1-10. Disponible en Internet. URL://www.redpav-fpolar.info.ve/danac /volumen5art2/index.html.
- Rodríguez, J. 1990. Efecto de colocar postes en “T” o paraderos en la depredación de la lechuza campanario (*Tyto alba*). Tesis Ingeniero Agrónomo. Maracay, Ven. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 110 p.
- Rodríguez, J. I. 1991. Contribución al estudio de los hábitos de nidificación de *Pophyrula martinica* y *Gallinula chloropus*, familia: Rallidae, en arrozales bajo riego en Turén, estado Portuguesa, Ven. Tesis Ingeniero Agrónomo. Maracay. Ven. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela, 66 p.
- Salas, R.; de Manzione, N.; Tesh, R.; Rico-Hesse, R.; Shope, R.; Betancourt, A.; Godoy, O.; Bruzual, R.; Pacheco, R.; Ramos, R.; Taibo, H.; Tamayo, J.; Jaimes, E.; Vásquez, C.; Araoz, F. y Querales M., J. 1991. Venezuelan hemorrhagic fever. Lancet, N° 338:1033-1036.
- Soriano, P. y Ochoa, J. 1999. Lista actualizada de los mamíferos de Venezuela. En: Vertebrados de Venezuela: actuales y fósiles. Mérida, Ven. La Marca. Museo de Ciencia y Tecnología. pp: 224-225.
- Tesh, R.; Wilson, M.; Salas, R.; de Manzione, N.; Tovar, D.; Ksiazek, T. y Peters, C. 1993. Field studies on the epidemiology of venezuelan hemorrhagic fever:

- implication of the cotton rat *Sigmodon alstoni* as the probable rodent reservoir. Am. J. Trop. Med. Hyg. 49 (2): 227-235.
- Tesh, R.; Wilson, M.; Salas, R. y Shope, R. 1994a. Description of Guanarito virus (Arenaviridae: Arenavirus) the etiologic agent of Venezuelan hemorrhagic fever. Am. J. Trop. Med. Hyg. 50 (4): 452-459.
- Tesh, R.; Salas, R.; Fulhorst, C.; Wilson, M.; de Manzione, N.; Duno, G.; Utrera, A.; Mills, J.; Tovar, D.; Ksiazek, T. y Peters, C. 1994b. Report of recent epidemiological studies of Venezuelan hemorrhagic fever. Am. J. Trop. Med. Hyg. 51(3): 95.
- Twigg, G. I. 1965. Studies on *Holochilus sciureus berbicensis* a Cricetinae rodent from the coastal region of British Guyana. Proc. Zool. Soc. London. N° 145: 263-283.
- Walker, E. 1975. Mammals of the world. 3 ed. [s.l.] John Hopkins Press. 1479 p.

Capítulo XIV

- Douglas, J. E. 1982. Programas de semillas. Guía de planificación y manejos, CIAT. Serie 09SSe-6.
- De Toledo, F. F.; Filmo, J. M. y Das Sementes, M. 1977. Tecnología da producao. Sao Paulo, Bra. Editor Agronomía. [p.v.]
- Instituto Interamericano para la Cooperación Agrícola (IICA). 1989. Tecnología sobre producción de semillas. Medellín, Col. IICA. [p.v.]
- Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Región Centrooccidental (CIARCO). 1973. Cursillo sobre producción de semilla con énfasis en arroz. Estado Portuguesa. Ven. Estación Experimental de Araure. [p.v.]
- Colmenares, O. 1986. Producción y certificación de semillas de algodón y maíz. Maracay, estado Aragua. Ven. CENIAP. [p.v.]

Capítulo XV

- Asociación de Productores Rurales del Estado Portuguesa (ASOPORTUGUESA). Departamento Técnico. [s.f.] [Informe] Acarigua, estado Portuguesa. [p.v.]
- Asociación de Productores del Sistema de Riego Río Guárico (APROSIGUA). Departamento Técnico. [s.f.] [Informe] Calabozo, estado Guárico. [p.v.]
- Asociación de Productores de Semillas de los Llanos Occidentales (APROSCELLO). Departamento Técnico. [s.f.] [Informe] Acarigua, estado Portuguesa. [p.v.]



ISBN: 978-980-318-256-4



9 789803 182564