

Universidad de Guadalajara

Escuela de Agricultura



**PRUEBA DE ADAPTACION DE NUEVAS VARIEDADES  
DE ARROZ EN EL VALLE DE PURIFICACION, JAL.**

**T e s i s**  
que para obtener el Título de  
**Ingeniero Agrónomo**  
p r e s e n t a

**Ruperto Castañeda Gómez**

**Guadalajara, Jal.**

**1971**

A LOS LICENCIADOS

DON JOSE G. ZUNO HERNANDEZ  
Y DON ALVARO ZUNO ARCE

A MI ESPOSA

A MIS PADRES Y HERMANOS

## A MIS MAESTROS

A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE CON SUS  
ENSEÑANZAS, CONFIANZA Y ESTIMULO ME  
AYUDARON A LA REALIZACION DE MIS ESTU-  
DIOS PROFESIONALES Y DEL PRESENTE TRA-  
BAJO.

## I N T R O D U C C I O N

Jalisco a través de su Pueblo y Gobierno, siempre ha alcanzado las metas que se ha propuesto, así, cuando se propuso cosechar cantidades cada vez más grandes de maíz, siempre lo logró. Desde hace unos dos o tres años se comenzó a considerar la necesidad de diversificar la Agricultura en todo el Estado, y actualmente son ya numerosos los cultivos que se cosechan en mucha cuantía, práctica que indudablemente vendrá a mejorar las condiciones económicas del pueblo campesino.

Partiendo de la necesidad antes expuesta y no habiendo en el Estado de Jalisco, a pesar de la importancia que tiene el cultivo de arroz en algunas zonas, ningún estudio estadístico, trabajos de investigación o experimentación, así como tampoco trabajos para el mejoramiento de esta gramínea, me interesé por llevar a cabo un trabajo de esta índole en el municipio de Purificación, Jal., lugar en donde este cultivo tiene bastante importancia, trabajo que me sirviera como base para mi tesis profesional.

Los cultivos que mayor superficie ocupan en este municipio son el maíz y el arroz, con éstos siempre he estado conectado, motivo por lo cual había podido observar en el último, a través de los años, un proceso evolutivo, primero francamente progresista, pero luego también su acelerado declinamiento; ésto principalmente fue lo que me motivó a llevar a cabo el trabajo que tiene por base esta tesis profesional, pues estoy plenamente convencido de que el cultivo del arroz es altamente remunerativo en el Valle de Purificación.

Así pues, decidí hacer el presente trabajo de experimentación, sobre el cultivo del arroz, por las razones siguientes:

PRIMERO.—Por haber participado en él desde hace 20 años, desde mi infancia, y por lo tanto conocerlo mejor que otros.

SEGUNDO.—Por tratarse de un cultivo más remunerativo que el maíz y otros.

TERCERO.—Por haber una superficie considerable, constituida por suelos propios para el cultivo del arroz, misma que se está dejando de aprovechar debido a los bajos rendimientos que se obtiene.

CUARTO.—Las observaciones que hice durante una gira de estudios que programó la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara al norte del País, donde me enteré de los altos rendimientos que están obteniendo los agricultores de Los Mochis, Sin., con las nuevas variedades "Milagro Filipino y Sinaloa A-68". (En Purificación están obteniendo un promedio de 1.5 ton./Ha., mientras que en Los Mochis, cosechan un promedio de 6 ton./Ha.).

Yo estoy seguro que Jalisco tiene en este municipio de Purificación, un potencial agrícola considerable y que nada más es cuestión de que las autoridades correspondientes, le concedan una mayor atención. Abogo porque esto suceda pronto.

## CAPITULO I

### FACTORES ECOLOGICOS

a).—*Localización*:—Purificación, Jal., se localiza dentro del Estado de Jalisco, a  $19^{\circ} 43'$  de latitud N. y a  $104^{\circ} 37'$  de longitud O. Linda al Norte con los municipios de Ayutla y Talpa de Allende, al Sur con los municipios de Casimiro Castillo y La Huerta, al Oriente con los municipios de Unión de Tula y Atlán de Navarro, y al Poniente con el municipio de Tomatlán. Su altitud es de 458 metros respecto al nivel del mar.

b).—*Climatología*:—Las temperaturas que se presentan son:

Máxima extrema .....	42° C.
Máxima promedio .....	32.8° C.
Media .....	25° C.
Mínima promedio .....	17° C.
Mínima extrema .....	4.5° C.

c).—*Pluviometría*:—Las precipitaciones pluviales registradas son las siguientes:

Máxima anual .....	2,584.6 mm.
Media anual .....	1,972.7 mm.
Mínima anual .....	1,706.7 mm.

d).—*Bosquejo histórico sobre la introducción del cultivo del arroz, en el Valle de Purificación*:—El cultivo del arroz fue introducido en Purificación, en 1905 por el señor Salvador Pe-

layo Villaseñor, quien lo había conocido en el Estado de Morelos. Por estos años se comenzó cultivando una superficie aproximada de 50 Hs. que se localizan en el predio denominado "El Volantín". En 1930, cuando terminó la revolución armada llamada Revolución Cristera, el área cultivada aumentó a 200 Has., del año de 1930 a 1949, el área sembrada con arroz alcanzó a 800 Has. Entre 1949 y 1951, esta área llegó hasta las 1,800 Has., que es la mayor superficie que se ha sembrado. A partir del año de 1951, la superficie sembrada de arroz ha venido disminuyendo en forma considerable.

Los rendimientos aproximados de 1949 a la fecha han sido: máximo de 2.3 ton./Ha. y mínimo de 0.8 ton./Ha.

e).—*Importancia del cultivo*:—El cultivo del arroz en este municipio, sigue siendo junto con el maíz, básico para el ciclo de lluvias (temporal), y puesto que existe un buen mercado, tanto nacional como extranjero, creo que a pesar de todas las fluctuaciones registradas en cuanto a la superficie sembrada y a las cosechas obtenidas, seguirá ocupando este cultivo uno de los primeros lugares.

CUADRO NUM. 1.

SUPERFICIE CULTIVADA DE ARROZ, SU PRODUCCION Y VALOR  
EN EL MUNICIPIO DE PURIFICACION.

AÑO	SUP. CULT. (HAS.)	PRODUCCION TOTAL (TON.)	RENDIMIENTO MEDIO/HA.	VALOR UNIT. TON.	VALOR DE LA PROD. TOTAL
1949	1,580	3,397.	2.150	\$ 350.00	\$ 1'188,950.00
1950	1,475	3,392.5	2.300	„ 391.00	„ 1'326,467.50
1951	1,800	3,751.2	2.084	„ 434.00	„ 1'628,020.80
1952	1,560	3,354.	2.150	„ 478.00	„ 1'603,212.00
1953	1,275	2,461.5	1.930	„ 608.00	„ 1'496,592.00
1954	1,455	2,527.5	2.012	„ 608.00	„ 1'536,720.00
1955	1,290	1,855.	1.438	„ 573.90	„ 1'064,584.50
1956	1,200	1,897.	1.581	„ 652.00	„ 1'236,844.00
1957	1,325	1,809.9	1.366	„ 717.40	„ 1'298,422.26
1958	825	948.8	1.150	„ 782.60	„ 742,530.88
1959	625	718.8	1.150	„ 847.80	„ 609,398.64
1960	1,200	1,810.8	1.509	„ 700.00	„ 1'267,560.00
1961	600	690.	1.150	„ 700.00	„ 483,000.00
1962	1,100	1,265.	1.150	„ 800.00	„ 1'012,000.00
1963	775	779.7	1.006	„ 700.00	„ 545,790.00
1964	800	920.	1.150	„ 800.00	„ 736,000.00
1965	1,125	1,131.8	1.006	„ 800.00	„ 905,440.00
1966	840	966.	1.150	„ 800.00	„ 772,800.00
1967	625	625.8	1.006	„ 750.00	„ 469,350.00
1968	730	839.5	1.150	„ 900.00	„ 755,550.00
1969	1,200	1,380.	1.150	„ 950.00	„ 1'311,000.00
1970	825	825.	1.000	„ 1,000.00	„ 825,000.00



## CAPITULO II

### RAZONES POR LAS QUE SE REALIZO EL EXPERIMENTO

Una vez decidido a llevar a cabo un trabajo de experimentación sobre el cultivo del arroz; apoyado en el conocimiento que tengo de la región, y en una especie de encuesta que llevé a cabo entre los principales cultivadores, jerarquicé los problemas más agudos que afrontan de la siguiente manera:

**PRIMERO:**—El que causa las mayores bajas en el rendimiento de la cosecha es, el problema que representan las malas hierbas, llegando en ocasiones a reducir la cosecha hasta en un 80%, haciendo incosteable la recolección del 20% restante y siendo por ésto el daño en un 100%.

**SEGUNDO:**—El atraso en que se encuentran los agricultores, respecto al uso de semillas mejoradas que si resisten fuertes dosis de fertilización sin acamarse, no como sucede con las llamadas semillas criollas y otras variedades que crecen demasiado. Al problema del acame se agrega lo sensible que son estas variedades a muchas enfermedades y plagas.

**TERCERO:**—La mala preparación que se hace del terreno y la falta de aplicación de fertilizante, y en los casos aislados en que se aplica, ésto se hace totalmente equivocado.

Hecha esta jerarquización experimenté sobre los siguientes factores:

*Aplicación de herbicidas:*—Esto no entró al estudio estadístico, por tratarse de productos químicos, los cuales está probado que si se aplican correctamente, sus efectos son positivos, en esta ocasión se trataba solamente de demostrar a los agricultores lo ventajoso de su uso.

*Prueba de adaptación de nuevas variedades de arroz.*

*Aplicación de diferentes fórmulas de fertilizantes.*

*Se probó los efectos que tiene una práctica cultural regional llamada Chapón:*—Que consiste en cortar la planta de arroz a la edad de 45 a 50 días, dejándola a una altura aproximada de 8 a 15 cms.

## CAPITULO III

### BREVE HISTORIA DEL ORIGEN DE LOS ARROCES CULTIVADOS

a).—GENERALIDADES.—Existen dos especies de arroz cultivadas, una de origen asiático, *Oryza sativa* L., y otra de origen africano *Oryza glaberrima* Steud. La expansión del cultivo arrocerero es con la primera especie, mientras que, la segunda, dominante en el Oeste de África antes de las primeras implantaciones europeas, pierde importancia en beneficio de la primera.

b).—ORIGEN Y EXTENSION DEL CULTIVO DEL ARROZ ASIÁTICO.—El arroz es una de las plantas alimenticias cultivadas más antiguas; es imposible determinar con exactitud la época en la que el hombre comenzó a cultivarla; ¿antes que el trigo? Lo ignoramos; sin embargo, en la literatura china se hace mención, 3,000 años antes de nuestra era, de la ceremonia de la siembra, ceremonia que solo el emperador de China tenía el privilegio de presidir y esta mención se interpreta generalmente en relación con el cultivo del arroz. Por otra parte, se han descubierto en el valle de Yang Tsé Kiang restos de arroz que se remontan a 3,000 o 4,000 años antes de nuestra era.

Esto no significa que el cultivo del arroz no sea anterior a esta época, ni que sea originario de China. Parece, por el contrario, que la *Oryza sativa* L., procede del sudeste asiático.

VAVILOV estima que el arroz cultivado tiene su origen

probablemente en la India, que él incluye, con Birmania, en su centro número dos de origen de las plantas cultivadas.

DECANDOLLE, en su libro sobre el origen de las plantas cultivadas y WATT, en su diccionario de los productos económicos de la India, están de acuerdo en que la *Oryza sativa* L., fue originalmente cultivada en la India, y más exactamente en el Sur de este país donde se dan las condiciones más favorables para su desarrollo: suelos pantanosos e inundaciones periódicas; la profusión de especies silvestres existentes en esta parte del mundo parece apoyar esta tesis; los más antiguos especímenes de arroz conocidos son por otra parte los granos de arroz carbonizados encontrados en las cuevas de Hastinapur en el Estado de Uttar Pradesh, en el Norte de la India, que se remontan de 750 a 1,000 años antes de J. C.; pero es probable que el arroz se difundiera en el Norte a partir del Sur de la península.

Escritos indios que datan de 1,300 años y de 1,000 antes de J.C. describen con precisión los primeros, ciertas prácticas de cultivo, como el trasplante y los segundos, una clasificación agronómica y alimenticia del arroz.

Roschevicz cree también que la *Oryza sativa* L., es originaria del Sudeste asiático, de la India principalmente, quizá igualmente de la península indochina donde la *Oryza fatua* Koenig, antepasado directo de la *Oryza sativa*, se encuentra aún en estado silvestre, concretamente en la región de los Grandes Lagos de Camboya.

Después, desde China, el arroz fue introducido en Corea, y bien desde Corea, bien desde China o desde los dos sitios a la vez, fue introducido en el Japón en una época ya lejana, sin duda hacia el siglo primero antes de J.C.; debe señalarse que ha sido quizá en el Japón donde el cultivo del arroz se ha extendido más hacia el Norte, donde, muy recientemente, los trabajos de mejora de variedades han permitido su cultivo hasta en el Norte de Hokkaido, la isla más septentrional del archipiélago japonés.

Es igualmente probable que desde el Sur de la China el arroz fuera introducido en las Filipinas, donde es cultivado desde la antigüedad, sin duda desde 2,000 años antes de J.C.

Paralelamente, en forma directa o a través del Sur de la India por la ruta malasia, el arroz fue propagado en Indonesia

por los "Deutero" malayos, tras su emigración quince siglos antes de la era cristiana, y documentos verídicos demuestran que se cultivaba en Java ya en el año 1,080 antes de nuestra era.

También a partir del Sur de la India, el arroz penetró en Ceilán, donde fue, sin duda alguna, cultivado primero en secano, y seguidamente bajo el agua gracias a la construcción de grandes depósitos análogos a los de la India, y de los que todavía se encuentran vestigios, y algunos están aún en uso.

La extensión de la *Oryza sativa* L., a Asia Occidental y la cuenca mediterránea es más reciente; fue sin duda bajo el imperio persa y a continuación de su implantación, cuando el cultivo del arroz se extendió hacia Mesopotamia hasta el Eufrates e incluso Siria por una parte y hacia el Turkestán por otra. Los primeros autores griegos de cuyos textos se tiene noticia corresponden a Theophrasto, uno de los compañeros de Alejandro Magno, y Aristóbulo (este último citado por Estrabón); a consecuencia de la invasión de la India por Alejandro Magno, en el año 320 antes de J.C., los griegos descubrieron el arroz e introdujeron su cultivo en Grecia, los autores griegos indican además que el arroz era cultivado en la Bacteriana, comarca que comprendía parte del Turkestán actual e Irán, unos 400 años antes de J.C., y también en Babilonia y Susiana. Es, sin embargo, posible que los griegos lo hubiesen conocido mucho antes de esta época, gracias al contacto con los viajeros árabes que visitaban la costa Occidental de la India antes de la invasión de Alejandro.

Sin embargo, esta introducción a través de los ejércitos de Alejandro apenas fue eficaz y el cultivo no se implantó en Grecia sino hasta el siglo VII.

La expansión del cultivo del arroz debida a los árabes fue sin duda mucho más importante, y su introducción más eficaz: desde el siglo IV antes de J.C. al siglo primero lo introdujeron en Egipto, desde el siglo VIII al siglo X se dedicaron a la introducción del arroz asiático de grano largo y estrecho en la costa oriental de África, y tal vez en el noroeste de Madagascar; lo llevaron consigo a Marruecos y a España cuando la invasión de la península ibérica.

La extensión considerable del cultivo del arroz asiático es un fenómeno reciente, que data del siglo XX; ha sido y es favorecida por las utilizaciones de variedades seleccionadas proceden-

tes de los grandes países productores de arroz, del Japón en especial y de otros de cultivo arroceros perfeccionados (Italia, USA), hacia África tropical, América Latina y Australia; los europeos han sido los principales propagandistas de este cultivo.

c).—ORIGEN DEL CULTIVO DEL ARROZ AFRICANO:—En cuanto al arroz africano *Oryza glaberrima* Steud, parece ser originario del delta central del Níger; de este núcleo primario, las razas de esta especie se han extendido a través de todo el Oeste africano, de Cabo Verde al Chad, por toda el área ocupada por su antecesor directo *Oryza breviliquilata* A. Chev y Roehr, sin que, de todos modos, se haya extendido como ésta hasta el Chari. Un centro secundario de diversificación parece haber estado situado en Alta Gambia y Casamanza donde, además, la técnica del cultivo del arroz es más evolucionada. Según Porteres el cultivo arroceros nigeriano había comenzado 1,500 años antes de J.C., es decir, hace unos treinta y cinco siglos, período durante el cual apenas ha evolucionado. Posterior al inicio del cultivo del arroz asiático el cultivo central nigeriano se mantuvo desde el Senegal hasta la desembocadura del Níger, extendiéndose desde Malí hasta la región de Tombuctu; el arroz de Garamantes, citado por Estrabón, era probablemente el arroz del Níger; después experimentó una regresión ante la introducción del arroz asiático a partir de las instalaciones portuguesas y holandesas de la costa de África Occidental; esta regresión puede explicarse por dos motivos; la mayor facilidad de adaptación de los arroces asiáticos, y en general, la blancura de las carióspsides de estos últimos, ya que las carióspsides de la *O. glaberrima* son de color rojo.

No solamente, en ningún caso la *Oryza glaberrima* Steud no ha sido cultivada fuera de su zona de origen en la época de los viajes de los portugueses, en Asia, en Angola o Mozambique, sino que se continúa observando actualmente una constante regresión: el número de variedades que permanecen en cultivo disminuye poco a poco y son sustituidas por las variedades asiáticas, cuya introducción en forma de variedades nuevas continúa incansablemente.

DE AQUI.  
CAPITULO IV

DESCRIPCION Y BOTANICA GENERAL DE LOS  
ARROCES CULTIVADOS

a).—N O M B R E :

Científico:	Oryza sativa L.
Español:	Arroz
Holandés:	Rijst
Francés:	Riz
Alemán:	Reis
Portugués:	Arroz
Inglés:	Rice

b).—CLASIFICACION BOTANICA:

Reino:	Vegetal
Subreino:	Fanerógamas
División:	Tracheophytas
Subdivisión:	Pteropsidae
Clase:	Angiospermas
Subclase:	Monocotiledóneas
Familia:	Gramíneas
Género:	Oryzas
Especie:	Sativa.

Se trata de una planta anual, más o menos pubescente según las especies, de tallos rectos (a veces flotantes en ciertas variedades) dispuestos en manojos, de raíces fibrosas, capilares, fasciculadas.

Por ahijamiento, de cada grano germinado nace un haz de tallos provistos de abundantes hojas cuando son jóvenes, los cuales alcanzan una altura que oscila entre 0.50 y 1.50 m. según las variedades, y hasta 5 y 6 m. en las variedades flotantes. Los tallos están finamente estriados provistos de nudos, de cada uno de los cuales sale una vaina foliar, que rodea al entrenudo inmediatamente superior; las hojas, lineales, más o menos largas tienen una anchura de 5 a 15 mm. en el vértice de la vaina, donde se articula la hoja, se encuentra una lígula entera o lacinada que alcanza en la *O. sativa* de 10 a 15 mm. de longitud, a veces más, y una aurícula en forma de hoz, más o menos pilosa, de 2 a 4 mm.; en la *O. glaberrima* la lígula es corta y truncada.

Las flores se disponen en el extremo de los tallos formando una hermosa panícula, más o menos compacta, de 5 a 15 cms. de larga, que adquiere una curvatura elegante, erecta o más o menos pendiente en la época de la madurez. En la *O. glaberrima* los ejes de la panícula son rígidos, haciéndose más erecta, menos flexibles que la de la *O. sativa*. Espiguillas uniflorales, flores hermafroditas con seis estambres y dos estigmas plumosos.

Las envolturas florales son de dos tipos:

- las glumas, relativamente pequeñas, persistentes no acrescentes;
- las glumelas, grandes, muy coriáceas, que envuelven al grano en dos valvas encajadas, constituyendo el conjunto lo que al madurar se conoce con el nombre de "arroz cáscara, arroz paddy o arroz palay".

~~HASTA AQUÍ~~  
En la *Oryza sativa* estas glumelas son pubescentes o lampiñas; en la *O. glaberrima* son generalmente lampiñas. La glumela inferior o exterior (encajante) se termina en una espina larga (arrozcos barbados), o más o menos corta (arrozcos aristados) o sin arista. En la *O. glaberrima* esta glumela termina en un pico o en una arista muy corta y maciza que no sobrepasa 1.8 cms. mientras que la barba de la *O. sativa* puede alcanzar 7 cms.

c).—SISTEMA DE LAS ORYZAS.— El arroz cultivado pertenece al género *Oryza* L. de la tribu de las Oryzas, de la familia de las Gramíneas.

d).—TRIBU DE LAS ORYZAS.—Se caracteriza por las



espiguillas en racimos o en panículas, unas veces uniflorales y con frecuencia carentes de glumas, o bien con dos o tres flores, en las que las inferiores no poseen más que una sola pieza; la glumela, siendo únicamente fértil la flor terminal; los estambres son frecuentemente seis, pero a veces son menos, e incluso pueden reducirse a uno.

La tribu de las *Oryzas*, que presenta gran afinidad filogénica con la de las paníceas, comprende varios géneros, los cuales según los botánicos, oscilan entre cuatro y dieciseis.

Según Prodoehl y Bewo la tribu comprende dos grupos, las *Oryzineas* y las *Zinzanineas*, entre las cuales se distribuyen cuatro géneros fundamentales, (*Oryza*, *Leersia*, *Hygroryza* y *Zizania*).

A estos cuatro géneros fundamentales se han añadido géneros secundarios (*Potamophila*, *Maltebrunia*, *Luziola*, *Zizanopse* e *Hydrocholoa*), mientras que han sido separados diversos géneros de la tribu (*Lygeas*, *Phareas*).

La unidad de esta tribu es, como se ve, sobre todo de orden morfológico y biológico, siendo numerosas las especies que viven en un medio acuático o semiacuático: algunos caracteres histoanatómicos permiten o bien confirmar la separación de los géneros en el seno de la tribu, o bien, por el contrario, indicar la afinidad entre algunos de ellos: así dos pequeñas especies africanas del género *Oryza*: *O. brachyantha* Chev. y Roehr y *O. Tisseranti* Chev., se parecen más, en muchos aspectos, a las *Leersia*, que a las restantes especies de *Oryza*; por el contrario, los géneros *Zizania* y *Potamophila* son muy distintos del género *Oryza*.

Desde el punto de vista genético, en el género *Zizania*, la *Z. aquatica* L. posee un número cromosómico de base:  $n = 15$ , y un número somático  $2n = 30$ . En otros géneros de la tribu, el número cromosómico base es 12 o 24. Ejemplo:

$n = 12$  ( $2n = 24$ ); *Oryza sativa* L., *Leersia Hexandra* SW, *Hygroryza aristata* NNESS.

$n = 24$  ( $2n = 48$ ); *Oryza minuta* Presl. *Leersia oryzoides* (L.) SW.

e).—EL GENERO ORYZA.—Las distintas especies del género *Oryza*, con excepción de la *Oryza sativa* L., no llamaron la atención de los botánicos hasta hace dos siglos; efectivamente,

si se exceptúan algunos antiguos trabajos y algunos estudios sueltos publicados en el siglo XIX sobre algunas especies y variedades de arroz de las que por otra parte los autores no especifican si se trata de formas silvestres o cultivadas, es preciso esperar al siglo XX para encontrar descripciones botánicas de las formas espontáneas del arroz; estas descripciones se han multiplicado, llevando en muchos casos a cierta confusión de la nomenclatura; se han reconocido sinónimas, mientras que algunas especies han podido ser reagrupadas; en el momento actual se han enumerado diecinueve especies claramente diferenciadas, admitiendo la posibilidad de que se descubran nuevas y de que los estudios morfológicos, anatómicos y citogenéticos que se realizan permitan reagrupaciones o señalen la conveniencia de la desmembración de otras seis especies, cuya validez es en el momento actual incierta.

Entre estas veinticinco especies se encuentran dos cultivadas: *O. sativa* L., a la cual pertenecen la casi totalidad de las variedades cultivadas en el mundo, y *O. glaberrima* Steud, cuyo cultivo se limita exclusivamente a África Occidental, su región de origen.

Las diversas especies de la *Oryza* han sido objeto de muchas clasificaciones sucesivas teniendo en cuenta primero, criterios estrictamente morfológicos y más recientemente anatómicos, citogenéticos y filogenéticos.

f).—BASES MORFOLOGICAS DE CLASIFICACION DE LAS ORYZAS.—La primera clasificación procede del botánico H. Baillon, en su *Historia de las plantas* tomo XII (1894). En ella divide el género *Oryza* en cuatro secciones:

1a.—Sección *Euoryza*, que no comprende más que una especie muy variable: *O. sativa* L.;

2a.—Sección *Padia*, de panícula rígida y glumelas macizas y duras, con la especie *O. Meyeriana* Bail (*O. Meyeriana* Zoll y M.)

3a.—Sección *Potamophila*;

4a.—Sección *Malbrunia*.

Los botánicos Staph, y luego Prodoehl y Roschevicz han separado sucesivamente los géneros *Potamophila* y *Malterbrunia* del género *Oryza* L., más recientemente la *O. subulata* Ness ha sido excluida del género *Oryza* y convertida en *Ryncharyza subulata* (nees), Bail.

Después de Prodoehl, autor en 1922 de una importante monografía sobre el género *Oryza*, el botánico ruso R. J. Roschevicz publicó, en 1931, un notable estudio sistemático del género *Oryza* L., basado en una revisión a fondo de los tipos originales conservados en los grandes herbarios mundiales.

La clasificación de Roschevicz reconoce veinte especies a las cuales agrupa en cuatro secciones que se diferencian esencialmente por la forma de las espiguillas, la forma y la naturaleza de las glumelas y la forma e importancia de las glumas.

#### 1a.—Sección *Sativa* Roschev.

Reune a todas las *Oryzas* cultivadas y la mayoría de las especies espontáneas, es decir, doce especies caracterizadas por glumelas cubiertas de hileras entrecruzadas de pequeños tubérculos, y por glumas de forma lineal o lanceolada.

— Ocho especies anuales:

*O. sativa* L., *O. grandiglumis* Prod., *O. punctata* Kotschy, *O. staptil* Roschev, *O. breviliquiata* Chev. y Roerich, *O. australiensis* Domin., *O. glaberrima* Steud.

— Cuatro especies perennes:

*O. longistaminata* Chev. y Roehr con rizoma, *O. Officinalis* Wall, igualmente con rizoma, *O. schweinfurthiana* Prod. y *O. minuta* Presl.

#### 2a.—Sección *Granulata* Roschev.

Las dos especies vivaces de esta sección, *O. granulata* Nees y *O. abromeitiana* Prod., se caracterizan por espiguillas lanceoladas o muy lanceoladas; poseen glumelas de superficie rugosa en consecuencia de la presencia de pequeños tubérculos.

#### 3a.—Sección *Granulata* Roschev.

Los arroces de esta sección se caracterizan por presentar glumelas puntiagudas, de superficie casi lisa cubierta de pequeñas estrias longitudinales punteadas. Son cuatro especies, una de ellas

anual: *O. brachyantha* Cheval y Roehr, y las otras vivaces con rizomas: *O. Schelechteriana* Pilger, *O. Ridleyi* Hook y *O. Coarctata* Roxb.

#### 4a.—Sección *Rhynchoryza* Roschev.

Muy distinta de las otras secciones. La única especie, *O. subulata* Nees, posee espiguillas ovaladas relativamente grandes, prolongadas en el vértice con un cono relleno de tejido esponjoso, el cual se va afilando progresivamente hasta terminar en una espina; las glumas, en forma de copa, rodean ampliamente la base de la espiguilla y poseen de tres a cinco nerviaciones. A esta lista Roschevicz añade una especie no descrita: *O. Dewildemania* Vanderyst.

En 1932, Aug. Chevalier contribuyó a la sistemática del género *Oryza*, admitiendo, como Roschevicz, cuatro secciones.

Sección I: *Eu-Oryza* Baillon = *Sativa* Roschev.

Sección II: *Padia* Zoll y Mor = *Granulata* Roschev.

Sección III: *Sclerophyllum* Griff = *Coarctata* Roschev.

Sección IV: *Rhynchoryza* Baillon.

La definición de estas cuatro secciones es idéntica a la de Roschevicz, pero el reparto de las especies es algo distinto: en especial, *O. Brachyantha* Chev. y Roerich pasa de la sección *Coarctata* Roschev a la sección *Euoryza* Chev., la cual se enriquece, por otra parte con la *O. fatua* Koenig, forma espontánea muy extendida en Extremo Oriente, con *O. Perrieri* A. Camus, y con *O. Tisseranti* Chev., estas dos últimas descritas con posterioridad al estudio de Roschevicz; por último, Chevalier reemplaza la *O. abromeitiana* Prod. por su sinónima anterior: *O. meyeriana* Zoll y M.

En resumen, la clasificación de Chevalier agrupa veintitrés especies, de las cuales diecinueve se mantienen sin variación en la actual lista, las cuatro especies restantes han sido objeto de transformaciones o de reagrupaciones.

Con referencia a la *O. longistaminata* Chev y Roerich, sinónima de una especie anteriormente descrita: *O. barthii* Chev (con la cual se ha identificado asimismo la *O. dewildemani* Vanderyst), se ha comprobado que existían, tanto en América como en África o Asia, muchos tipos o variedades geográficas demostrando ser

de la misma especie que la *Oryza barthii* Chev. la especie *O. perennis* Moench debe pues considerarse como sustituta de la *O. longistaminata* Chev y Roerich = *O. barthii* Chev.; comprendiendo varias subespecies cuya lista no es probablemente definitiva: *O. perennis* Moench subesp., *O. barthii* Chev., *O. perennis* Moench subesp., *madagascariensis*, *O. perennis* Moench subesp., *cubensis*, *O. perennis* Moench subesp., *formosian*, *O. perennis* Moench, subesp., *balunga* del N.E. de la India, de Bengala y de Orissa, así como una subespecie originaria de Birmania donde se le conoce con el nombre de "Daik Saba".

En cuanto a la *O. schweinfurthiana* Prod., se trata de una forma de *O. punctata*, Rotschy ex-Steud, la cual no es para algunos botánicos (Chevalier, 1932), sino una subespecie de *O. minuta* Presl.

Más tarde se descubrieron tres nuevas especies: *O. ubanchensis* Chev., descrita por Chevalier en 1951 y *O. angustifolia* Mubliard, las dos procedentes de Africa tropical, además de la *O. Malempuzhiensis*, hallada, en el estado de Kerala, India.

Entre las diversas especies espontáneas de *Oryza*, que encierran un particular interés desde el punto de vista filogénico como antepasado de las *Oryzas* cultivadas, algunas tienen una importancia no desdeñable, positiva, puesto que se utilizan como forraje o como cereales espontáneas; o, por el contrario, negativa, cuando se presentan como adventicias.

g).—BASES HISTOANATOMICAS DE CLASIFICACION DE LAS ORYZAS.—Se han realizado ya cierto número de estudios sobre la anatomía y la histología comparadas de las diversas especies del género *Oryza* y de los géneros afines: *Leersia*, *Zizania* y *Potamophila*.

De este modo Jacques-Felix ha podido establecer una clave de determinación de diversas especies de la sección *Eu-Oryza* sobre ciertos caracteres histoanatómicos del limbo (corte transversal) de la epidermis externa y de los elementos de la hoja (células silicosas, pelos los bicelulares o unicelulares, papilas y verrugas, márgenes) y de las glumelas.

La anatomía comparada de las raíces y de los tallos de *O. sativa* L., *O. glaberrima* Steud, y *O. perennis* Moench subesp. *barthii* Chev., ha permitido así a Rabechault encontrar caracteres específicos de diferenciación.

h).—BASES CITOGENÉTICAS DE CLASIFICACION DE LAS ORYZAS.—El número cromosómico básico del género *Oryza* es igual a 12, sin embargo S. Ramanujan y otros diversos autores estiman que la presencia en ciertas variedades de cromosomas con dos y cuatro satélites y de núcleos con dos y cuatro nucleolos indica un origen poliploide. Las asociaciones secundarias de los cromosomas en la meiosis harían suponer que el antepasado original de este género poseía un número base igual a 5. Pero mientras que en las *Zizania* este número base original se ha conservado y ha engendrado una serie poliploide, en las *Oryza* el número de base secundario doce se habría formado tras poliploidización y a partir de este nuevo número se habría formado una serie poliploide. Es por ello que las especies *Oryza*, cuyo número cromosómico somático es veinticuatro, pueden considerarse como tetraploides, y las de cuarenta y ocho como octaploides.

La mayoría de las especies poseen  $2n = 24$  cromosomas; cuatro especies (*Oi latifolia* Desv., *O. minuta* presl., *O. coarctata* Roxb., *O. eschengeri* Pilger) poseen  $2n = 48$  cromosomas.

Subsisten todavía ciertas dudas sobre algunas especies, mientras que en las nuevas no ha sido todavía determinado el número cromosómico.

El estudio de los números cromosómicos ha evidenciado algunas anomalías en las clasificaciones reseñadas (las de Roschevicz y de Chevalier especialmente) ya que cada una de las secciones agrupa especies de número cromosómico distinto: *O. latifolia* Desv. y *O. minuta* Presl. con  $2n = 48$  en la sección *Eu-Oryza*, en la cual todas las demás especies tienen  $2n = 24$  en la sección *sclerophyllum* Griff, en la cual la mayoría de las especies son  $2n = 48$ .

Los cromosomas somáticos son pequeños (0.7 a 2.8 M.); presentan un estrechamiento primario, con más frecuencia mediano y algunas veces un segundo estrechamiento subterminal que separa un satélite; en la *O. sativa*, diversos autores, especialmente Nauds y Pathak, han podido identificar de dos a cuatro cromosomas con satélites; en la *O. perennis*, subesp. *barthii* Chev., *O. brachyantia* Chev. y Roehr, *O. breviliqulata* Chev. Roehr y *O. stapfii* Rosch. La Srita. Veyret ha logrado determinar dos. Sin embargo, la pequeñez de los cromosomas hace difícil diferenciar unas especies de otras.

Por el contrario, los cruzamientos interespecíficos realizados, desafortunadamente en escaso número, proporcionan enseñanzas muy interesantes por el estudio del grado de esterilidad observado, el cual puede incluso traducirse en la no formación de fruto, y por el estudio de la meiosis.

Los recientes trabajos de citogenética y los resultados de las hibridaciones han desembocado en el reparto de las especies del género *Oryza* en tres secciones. Los trabajos de morfología y de anatomía comparadas realizados por Shah, del Instituto Central del Arroz de Cuttack, han confirmado esta clasificación, por lo menos para, las especies estudiadas hasta el momento.

Sección sativa: *O. sativa* L., *O. glaberrima* Steud., *O. perennis* Moench, *O. breviliqualata* Chev. y Roehd y *O. australiensis* Domin. En esta sección se encuentran los arroces cultivados y los principales arroces silvestres; las espiguillas son medianas o grandes, pero poco aplanadas; las glumelas son en general pubescentes; dos de las especies son muy rizomatosas.

Sección *officinalis*: *O. officinalis* Wall., *O. eichengeri* Pilger, *O. punctata* Kotschy ex-Steud., *O. latifolia* Desv., *O. alta* Swalen y *O. minuta* Presl., cuyas espiguillas son pubescentes, pequeñas o medianas, y las panículas de grandes dimensiones; las especies de esta sección no tienen rizomas o las tienen de pequeño tamaño.

Sección granulata: *O. granulata* Nees y Arn ex-Watt, *O. Ridleyi* Hook, *O. coarcaria* Roxb y *O. brachyanta* Chev y Roehr; estas especies poseen panículas reducidas, espiguillas no aplanadas, glumelas cuyo carácter lampiño varía en intensidad, y rizomas bien desarrollados en dos de las especies.

Hasta el momento sólo se han realizado cruzamientos interespecíficos entre las dos primeras secciones, además, cierto número de especies todavía no han sido incluidas en ninguna de estas secciones, ya que no se han llevado a cabo los cruzamientos interespecíficos posibles.

i).—BASES FILOGENICAS DE LA SISTEMATIZACION DEL GENERO ORYZA.—Durante las últimas décadas

se han realizado numerosos trabajos sobre las características morfológicas, anatómicas y citológicas de las diversas especies; sobre los resultados de los cruzamientos o mutaciones provocadas, sobre las reacciones de las diversas especies frente al medio y sobre las asociaciones vegetales en que participan.

Las diversas hipótesis formuladas pueden alinearse en dos categorías esenciales: las especies cultivadas y algunas especies espontáneas actuales son, bien el final de una evolución monofilogénica, significando este monofilogenismo una única serie sucesiva de antepasados conocidos o desconocidos que termina en cada una de dichas especies cultivadas o espontáneas, o bien el fin de una evolución polifilogénica, implicando dicho polifilogenismo la participación de muchos antepasados conocidos o desconocidos en la constitución de cada una de dichas especies cultivadas o espontáneas.

De hecho se han abandonado las hipótesis que conducen a pensar en el polifilogenismo de las dos especies cultivadas: *O. sativa* L. y *O. glaberrima* Steud, sin poder asegurar que en el curso de su evolución las diversas especies no hayan sufrido algunas influencias extrañas.

Las escuelas indias y chinas admiten que la *O. perennis* Moench constituye la forma ancestral, común a las especies cultivadas actuales y a diversas especies silvestres, pertenecientes unas y otras a la sección sativa, siendo sin duda los antepasados inmediatos *O. sativa* var. *fatua* de la *O. sativa* y seguramente la *O. breviligulata* de la *O. glaberrima*.

En lo concerniente a las especies del grupo *O. officinalis*, muchas de ellas tienen, según Morinaga, una constitución cariológica que presenta en común un mismo genoma CC: *O. officinalis*-CC, *O. minuta*-BB CC, *O. latifolia*-CC DD. Teniendo en cuenta esta constitución cariológica y los resultados de los cruzamientos, Sampath y N'rao han enunciado la hipótesis de que *O. officinalis*, ( $2n = 24$ ) es el antepasado de las especies del grupo *officinalis*, que no pueden concurrir a la formación de las *O. sativa* y *O. glaberrima*, caracterizadas desde el punto de vista cariológico por el genoma AA.

Si bien *O. officinalis* Wall, *O. punctata* Kotschy ex-Steud y *O. minuta* Presl presentan indudablemente caracteres comunes que les son propios (panícula con verticilación abundante, sus



racimos y la posición de las espiguillas sobre ellos), Porteres piensa que *O. eichingeri* Pilger no pertenece a este grupo, sino a la sección *granulata* (sección *coarctata* Rosh); estima así mismo que en esta sección deben, por el contrario, incluirse *O. coarctata* Roxb, *O. brachyantha* Chev. y Roehr y *O. eichingeri* Pilger, las especies *O. tisseranti* Chev., *O. ubanghiensis* Chev., *O. perrieri* Chev. y *O. angustifolia* Hubbard.

Según Porteres, las especies cultivadas, *O. sativa* L. y *O. glaberrima* Steud, tendrían, contrariamente a lo que sostienen las escuelas indias y chinas, cada una un origen monofilogénico distinto, pudiendo ser consideradas las *O. fatua* Rothr y *O. brevilingulata* Chev. y Roerich como las antepasadas respectivas de las dos especies cultivadas. No se excluye que la *O. perennis* Moench, de múltiples subespecies y variedades, aun habiendo sufrido una peculiar evolución, haya podido participar en la constitución de la *O. sativa* y *O. glaberrima*, sin ser, sin embargo, la especie antepasada fundamental.

## CAPITULO V

### MORFOLOGIA Y CRECIMIENTO

**GENERALIDADES:**—Partiendo de la germinación de la semilla del arroz, seguiremos el crecimiento de los principales órganos vegetativos, cuya morfología y anatomía estudiaremos sucesivamente. Luego serán estudiadas la aparición, el desarrollo, la morfología y la anatomía de los órganos de la reproducción, terminando con los fenómenos de floración y fecundación. Por último, el resultado de esta fecundación, el grano, se estudiará desde el punto de vista de su formación, así como de su anatomía, cerrando el ciclo vegetativo hasta llegar a la germinación, punto de partida de este capítulo.

a).—**GERMINACION.**—Colocada en condiciones favorables de temperatura y humedad, la semilla de arroz, fisiológicamente madura, germina. El comienzo de la germinación y las modalidades de la misma dependen por un lado de las variedades y por otro de las circunstancias externas.

b).—**MODALIDADES DE GERMINACION, SEGUN LAS VARIEDADES.**—Tras la recolección en condiciones óptimas de madurez, los granos de arroz pueden, si las condiciones externas son favorables, germinar inmediatamente o bien algo más tarde. Este periodo latente, al final del cual la semilla adquiere su madurez fisiológica, es distinto según las variedades, pudiendo alcanzar en algunos casos once semanas.

En la *Oryza sativa*, las variedades del tipo *indica* parecen presentar un periodo latente tanto más largo cuanto más larga es

la duración de su evolución; por el contrario, las variedades de evolución corta y las del tipo japonico no pasan por el período latente.

La duración del período latente está en relación con la sensibilidad al fotoperiodismo, y así, las variedades poco o nada sensibles no presentan período latente; ésta determinada por el espesor y por la naturaleza (especialmente su coloración) del pericarpio y por el espesor de las glumelas, condiciones que ocasionan una mayor o menor impermeabilidad al oxígeno del aire y a la humedad.

Este período latente puede por otra parte, y en cierta medida, modificarse por la acción de diversos factores: temperatura, introducción en diversas soluciones o incluso genéticamente por hibridación; el período latente es muy importante; su ausencia puede significar un peligro real en las regiones en que las lluvias tardías pueden hacer germinar el paddy todavía en la planta o en el curso del secado en el campo tras la recolección, por el contrario, puede ser beneficiosa en los casos en que se realiza una doble campaña arrocera ya que las semillas de la primera campaña pueden ser utilizadas inmediatamente para la sementera de la segunda campaña, a condición, claro está, de que las variedades de que se trata sean insensibles al fotoperiodismo.

Numerosas especies silvestres que poseen un período latente muy largo y muy irregular infestan los arrozales comportándose como plantas adventicias. Para una semilla sana, fisiológicamente madura y perfectamente constituida, la duración de la germinación varía en función de la temperatura y de la humedad.

c).—FASES DE LA GERMINACION.—La germinación presenta cierto número de fases:

- hinchazón del grano;
- aparición de la punta del coleóptilo, emergencia del mesocótilo y desarrollo de la primera hoja cilíndrica;
- inmediatamente después de la aparición del coleóptilo, aparición de la radícula a través de la coleorriza (la radícula se alarga más rápidamente que la plúmula) y aparición de raicillas laterales.

Sin embargo, en medio anaerobio, es el tallito el que se desarrolla más rápidamente; por otra parte la luz restringe el alargamiento del coleóptilo y del mesocótilo, que se alargan más cuan-

do el grano se siembra más profundamente que cuando está pregerminado en vivero o en arrozal sumergido. La longitud que alcanza el mesocótilo es más largo en las variedades del tipo indica que en las del tipo japonico. Por otra parte, parece que las primeras germinan más rápidamente que las segundas.

A partir del punto de crecimiento del embrión aparece un tallo, en cuyos primeros nudos brotan hojas verdes sucesivas con vainas.

Hasta la tercera hoja primaria inclusive, el embrión extrae sus elementos nutritivos del albumen del grano. Luego los órganos vegetativos crecen tomando elementos del medio exterior.

d).—LAS RAICES.—Las radículas y sus raíces laterales degeneran rápidamente, mientras aparecen coronas de raíces sucesivas en cada nudo de la parte baja del tallo horadando las vainas foliares; éstas se forman tanto en el tallito principal como en sus diversas plúmulas y con frecuencia muy arriba, por ejemplo, en el caso del trasplante de plantas muy viejas; en las variedades flotantes, aparece en cada nudo al descender el nivel del agua un sistema radicular suplementario que permite al tallo vivir independientemente del pie inicial.

La importancia del sistema radicular, su densidad y su desarrollo, dependen de la estructura del suelo, de las modalidades de cultivo, del riego, de la aireación del suelo, de su riqueza en elementos nutritivos y del empleo o no del trasplante.

Las raíces se multiplican, alcanzando en cultivo acuático su número máximo en el momento de mayor ramificación; luego, este ritmo de crecimiento disminuye poco a poco, no anulándose totalmente hasta que la floración acaba; si inicialmente las raíces se desarrollan en superficie, su crecimiento en profundidad es luego mucho más importante (el 46% del peso de las raíces se desarrollan en superficie según Matsuo).

El sistema radicular queda inactivo a partir de la maduración de los granos (incluso aunque el suelo esté húmedo todavía). En cultivo de secano, el máximo crecimiento del sistema radicular se alcanza más tardíamente que en cultivo acuático.

e).—ANATOMIA DE LA RAIZ:—De fuera a dentro la raíz del *Oryza sativa* presenta:

- una *epidermis* con dos capas que desaparecen al envejecer;

- un *exodermo* que se hace periférico, engrosa y sus paredes celulares se subdividen;
- un *parénquima* cortical, que se subdivide, al envejecer, en parénquima externo, de células con grandes meatos, y en parénquima interno de células redondeadas;
- un *endodermo* con una capa de células, cuyas paredes se espesan y endurecen;
- un *cilindro central* con periciclo, floema con vasos que se lignifican, xilema con vasos gruesos y parénquima con células que engrosan.

La anatomía de las raíces del arroz indica sin lugar a duda la adaptación de la planta a las condiciones acuáticas.

La anatomía de la raíz de *Oryza glaberrima* es similar.

f).—EL TALLO.—Está provisto de nudos que limitan un cierto número de correspondientes entrenudos; los entrenudos de la base del tallo son muy reducidos, con una longitud apenas superior al milímetro; los entrenudos siguientes alcanzan algunos milímetros; en fin, los cuatro o seis últimos son mucho más largos, midiendo por lo general al principio algunos centímetros en el vértice de la última hoja (hoja panicular); a partir de este momento se alargan con gran rapidez, prosiguiendo este aumento de longitud durante la formación de la panícula en la vaina de la hoja panicular; por último, durante los días siguientes, los últimos entrenudos pueden alcanzar, en condiciones normales, de 10 á 40 cms. en las variedades no flotantes, y hasta 50 ú 80 cms. en las variedades flotantes. La longitud de los entrenudos aumenta gradualmente de la base hacia el vértice, siendo el más largo el último, sobre el que se apoya la panícula (pendúnculo).

En la axila de las hojas inferiores y del tallo primario, la yema axilar nudal puede originar un tallo secundario o vástago de primer orden; el fenómeno se repite en los vástagos, dando lugar a tallos terciarios o vástagos de segundo orden que se desarrollan en un plano perpendicular al de los vástagos de primer orden.

Este es el fenómeno del ahijamiento que da así lugar a la formación de un haz, que puede reunir alrededor de unos quince tallos, pero a veces muchos más.

La cuantía del ahijamiento depende de muchos factores:

- factores varietales;

- condiciones del medio: reducción e incluso inhibición del ahijamiento debido a una profundidad escasa o excesiva de la sementera, o una temperatura demasiado baja; ahijamiento a partir de nudos aéreos o de los tejidos de sostén neoformados en caso de trasplante de plantas demasiado viejas, de trasplante demasiado profundo o con una capa de agua muy considerable; reducción del ahijamiento en terreno pobre, disminución asimismo en relación con el aumento de densidad de la siembra o del trasplante, etc.

g).—ANATOMIA DEL TALLO.—El tallo posee la estructura típica de las gramíneas, con variaciones según la edad y el estado de crecimiento; los entrenudos y los nudos tienen, evidentemente, estructuras distintas.

Con respecto al *entrenudo*, pueden distinguirse de fuera a dentro:

- la *cutícula*, cutinizada, impregnada de sílice depositada en estrías;
- la *epidermis* de células pavimentosas cuyas paredes se condensan y esclerosan;
- la *hipodermis*, constituida por un parénquima de pequeñas células que se endurecen y forman una vaina más o menos espesa según la altura;
- un *sistema conductor* externo constituido por haces fibrovasculares incluidos en la hipodermis y que en la base del tallo puede estar rodeado de células esclerosadas;
- el *parénquima cortical*, más o menos reducido y que en la parte superior se presenta en islotes de parénquima clorofílico;
- el *parénquima fundamental*, transición entre el parénquima y la laguna central;
- los *haces fibrovasculares* del sistema conductor medio, incluidos en vainas de fibras esclerosas, alternando con los haces fibrovasculares del sistema conductor externo; en la base, los tallos presentan además haces fibrovasculares hundidos en el parénquima fundamental;
- la *laguna central*, relativamente reducida en la parte superior, más importante en la base.

h).—LAS HOJAS.—La hoja del arroz está esencialmente constituida por dos partes: la *vaina foliar* y el *limbo*. En la articulación vaina-limbo se encuentran dos pequeñas formaciones: la *aurícula* y la *ligula*. En principio existen en el tallo primario y en los secundarios tantas hojas como nudos (o entrenudos); sin embargo, conforme van creciendo, las primeras hojas y las más externas se secan y, como consecuencia, un pie de arroz no presenta por lo general, en un momento dado, más que un número reducido de hojas con vitalidad (de 1 á 6), cuyas dimensiones varían según el momento de su aparición. La última hoja, llamada bandera u hoja panicular, presenta características peculiares.

La coloración de la vaina, más marcada, cuando existe, que la del limbo es más intensa en las hojas inferiores y permite una depuración de las plantas en el vivero. La coloración antociana puede ser difusa, parcial o muy ligera; también puede ser fugaz por el contrario, persistente.

El limbo, largo, estrecho y plano en general, es casi siempre pubescente en *O. sativa*, desprovisto de vello en *O. glaberrima*, más largo en las variedades del tipo índica (30 a 50 cms. de longitud X 1.2 a 2.5 cms. de anchura), que en las del tipo japónica. La relación longitud/anchura varía entre 15 y 32.

Las hojas, más erectas en la base de la planta que en el vértice, son más o menos oblicuas, rígidas o arqueadas; sólo la hoja panicular permanece derecha y permite apreciar al primer vistazo si se acerca la aparición de inflorescencias en un arrozal.

i).—ORGANOS DE REPRODUCCION.—La fase de reproducción, cuyo comienzo se sitúa en un momento determinado de la fase vegetativa, depende de diversos factores; humedad, nutrición, y, sobre todo, temperatura y duración del día, tampoco debe desdeñarse el factor varietal. La fase de reproducción comprende dos períodos:

1er.—Período: desde el comienzo de la formación de la panícula hasta la exerción;

2o.—Período: desde la exerción o espigado hasta la floración.

j).—APARICION DE LA PANICULA.—El inicio o formación de los esbozos de la panícula se produce cierto tiempo después de la germinación; la duración de este período es una característica propia de cada variedad, pero parece que depende

también de las condiciones del medio y, sobre todo, de la temperatura y de la duración del día. En cuanto a la duración del día, las opiniones de los fisiólogos se hallan divididas: unos piensan que carece de influencia, otros, por el contrario, que puede ejercer una influencia considerable; así Siregar, en Indonesia, ha demostrado que este período puede no variar o bien aumentar paralelamente al aumento de duración del día, o por último, no aumentar sino en los días más largos.

El comienzo de este proceso no puede descubrirse exteriormente pero sí mediante observación microscópica. La transformación de la fase vegetativa en la fase de reproducción se efectúa en 24 horas.

k).—DESARROLLO DE LA INFLORESCENCIA. — Está visto que el desarrollo de la inflorescencia comprende dos períodos sucesivos, desde la iniciación de esbozos panículaes hasta el momento en que la panícula y el entrenudo terminal del tallo se han desarrollado totalmente durante la granazón; el corto tiempo que separa la espigación propiamente dicha, de la floración induce a confundir la granazón y la floración.

La influencia de la duración del día sobre este desarrollo difiere según las variedades y los países; en efecto, este factor suplementario, omitido frecuentemente, interviene y permite la explicación correcta de aparentes anomalías, y particularmente los diferentes resultados obtenidos con las mismas variedades en diversos países.

Entre el tallo principal y los vástagos, es poca la diferencia que se observa entre las épocas de iniciación panicular, de ejerción y de espigación; se puede afirmar pues que existe una íntima correlación entre el orden de ahijamiento y el de floración.

En un ejemplo sobre el desarrollo de los órganos reproductores de una variedad típica *japónica*, Matsuo describe detalladamente las diferentes etapas del desarrollo de la panícula; éste dura 35 días; al onceavo se inicia la diferenciación de los primordios florales; un descenso de temperatura en dicha época puede causar deformaciones causantes de esterilidad sobre los tiernos botones. El día 19, se puede observar el inicio de la formación del polén y de la célula madre del saco embrionario; cuatro días



más tarde tiene lugar la reducción de las células madres del polén, siendo este período crítico y muy sensible a las condiciones climáticas desfavorables.

1).—LA INFLORESCENCIA.—Se trata de una panícula constituida por un eje con ramificaciones primarias o ramificaciones formando racimos, que llevan a su vez ramificaciones secundarias o axilas; estas axilas tienen pequeñas espigas de una o varias espiguillas.

El eje de la inflorescencia comprende dos partes:

- la parte inferior, denominada pedúnculo o cuello, que proviene del nudo de donde se desarrolla la vaina de la hoja panicular; está, más o menos, encerrado en el interior de esta vaina; es generalmente erecto, aunque algunas veces es ondulado o sinuoso;
- la parte superior o raquis, que soporta las ramificaciones. Pedúnculo y raquis se unen al nudo inferior de la panícula; la distancia de éste nudo a la articulación vaina/limbo panicular permite medir el grado de ejerción de la panícula.

Al llegar a la madurez, el raquis es algo menos flexible y la panícula puede adoptar un porte variable: erecto, semierecto, o colgante. El número de nudos del raquis es aproximadamente de una decena, y el número de ramificaciones primarias es más elevado.

Las características de las panículas, y en particular su aspecto y densidad, corresponden:

- a la distribución más o menos regular de los racimos a lo largo del raquis;
- al ángulo formado por las ramificaciones primarias con el raquis;
- al reparto y al número de ramificaciones secundarias y de las espiguillas;
- a la forma de las ramificaciones secundarias y terciarias que, frecuentemente, en los casos de variedades de grano redondo son sinuosas y toman la forma de los granos;
- al número de ramificaciones secundarias, a menudo relativamente más elevado en las variedades de grano redondo que en las de grano largo.

Desde el punto de vista del porte de la panícula se puede distinguir:

- panículas cerradas: ángulo del racimo con el eje menor de 60°;
- panículas abiertas: ángulo del racimo con el eje de 60 a 90°;
- panículas muy abiertas y lacias: ángulo del racimo con el eje mayor de 90°.

En lo que respecta a la densidad de la panícula, se mide a través de la siguiente fórmula:

$$D = 10 \times \frac{\text{Longitud de la panícula (cms.)}}{\text{número de granos de la panícula}}$$

Esta densidad varía de 10 a 100 en función de las variedades y del medio; para una longitud media de panícula de unos 20 cms. y un número medio de granos del orden de 70 a 100, una capacidad de 35 a 50 puede ser considerada como una media aceptable.

II).—LA ESPIGUILLA.—Las últimas ramificaciones de la panícula constituyen los pedicelos que sostienen las espiguillas. En cada racimo se encuentran una o varias espiguillas; en general las espiguillas no montan unas sobre otras; en caso contrario, la panícula se hace lógicamente más compacta.

El número de espiguillas por panícula constituye un carácter varietal; de 50-60 a 200-300, la cantidad menor corresponde frecuentemente a las panículas más largas y menos densas.

Cada pedicelo se extiende en forma de pequeña cúpula horizontal u oblicua o a veces casi vertical, sobre la que se inserta la espiguilla; la significación de esta cúpula ha sido objeto de numerosos trabajos y si bien ciertos autores no lo admiten, parece que los dos labios de este engrosamiento cupuliforme pueden considerarse como los vestigios de glumas de una espiguilla triflora.

La flor fértil única de la espiguilla está compuesta de las siguientes piezas florales:

- dos brácteas exteriores, las glumas;
- el periantio, reducido a dos membranillas incoloras; las lodículas o glumélas unidas a la base de la palea;
- el androceo, compuesto por dos verticilos de tres estambres cada uno, alternantes;

— el gineceo constituido por un pistilo de un solo carpelo sobre el que destacan los dos estigmas plumosas (completado por un tercer estigma vertigial).

m).—**FLORACION Y FECUNDIDAD.**—La espigación corresponde a la aparición de la panícula de la vaina de la hoja panicular; la duración de la espigación de cada panícula parece depender del vigor de los tallos, de la longitud de las panículas y de las condiciones meteorológicas; la panícula emplea aproximadamente una semana (de 3 a 8 días) para sobresalir de la vaina panicular; para el conjunto de un pie de paddy, la espigación dura apenas una semana, o como máximo una decena de días.

La floración corresponde a la apertura de las espiguillas; y puede iniciarse a partir de la exorción de la panícula, o en los días siguientes; la duración total de la floración de una panícula parece un carácter varietal (de 5 a 9 días), el orden de floración de las espiguillas es un fenómeno complejo, que muestra una tendencia generalmente centripeta.

La duración de la floración de una planta está en función de las circunstancias del ahijamiento, pudiendo producirse hasta en tres semanas. La apertura de las espiguillas y de la antesis o apertura de la flor que da salida al polén depende en gran parte de las condiciones de temperatura, de luz y de humedad, parece ser tanto más tardía cuanto menos elevada es la temperatura; de 8 a 12 horas en una temperatura de 27°C. a 30°C. La intensidad máxima de aperturas puede variar de una a dos horas con la temperatura; las temperaturas óptimas, mínimas y máximas de floración son respectivamente; 30°C., 15-20°C. y 50-55°C. En resumen, parece ser que en cultivo de secano los arrozces florecen más pronto que en cultivo acuático. Las condiciones óptimas de humedad se sitúan para la floración entre 70 y el 80%, pareciendo imposible por debajo del 40% y por encima del 95% de humedad.

Durante la apertura, los estambres emergen fuera de las glumelas, primero tiésos y después lacios; la dehiscencia de las anteras se efectúa bien sea antes de emerger, bien simultáneamente, que es el caso más frecuente, o bien algunas veces después; esta dehiscencia es tanto más rápida cuanto mas se aproxima la temperatura a su punto óptimo de 20°C.

La autopolinización es la regla, aunque no sea absolutamente total, salvo en el caso de cleistogamia. El porcentaje de polinización cruzada es relativamente bajo; es más frecuente en condiciones exteriores favorables: grado higrométrico elevado y baja temperatura; varía no solamente con las condiciones exteriores, con las estaciones, sino también con las variaciones, pudiendo alcanzar el 4%; el polén es transportado por el viento, e igualmente por los insectos; la distancia de transporte sólo es de algunos metros (2 m. aproximadamente).

Después de la polinización, las glumelas se cierran tras un cierto tiempo; se recubren por sus bordes pero el encaje estricto no se produce hasta después de la fecundación (4 o 5 días después de la polinización).

Las condiciones óptima, mínima y máxima, de germinación del polén son respectivamente de 30°C., 20°C. y 38°C.; a la que puede perjudicar una baja temperatura, una sequedad extrema o una excesiva humedad superior al 80%.

Al germinar, el grano de polén emite un tubo polínico que se encuentra con el óvulo, para llevar a cabo la fecundación dura de 1 hora 30 minutos a 3 horas desde la antesis.

n).—EL GRANO.—Las diversas partes de la semilla resultan de la evolución paralela de la oosfera y de un núcleo polar respectivamente fecundados por los gametos masculinos.

Tras las divisiones celulares de la oosfera fecundada, aparece al cuarto día un haz vascular primario, después del quinto día los indicios de lo que será la radícula y la plúmula; al séptimo día se ha formado la plántula tierna; y por fin el décimo día el embrión está morfológicamente completo.

A partir del núcleo polar fecundado, los núcleos del endosperma se multiplican y tapizan de forma regular la membrana del saco embrionario, que se llena a continuación de las células endospermicas, que forman un tejido endospermico, el albúmen, al tiempo que los primeros granos de almidón aparecen entonces en las células endospermicas; sucediéndose por fin la formación activa de los granos de almidón.

El ovario se desarrolla y el grano alcanza sus dimensiones definitivas al cabo de unos 28 días.

Resultante del desarrollo del ovario tras la fecundación en el interior de la espiguilla, el fruto, denominado paddy o arroz

cáscara está constituido por una carióspeide situada entre dos glumelas que no son automáticamente modificadas por la fecundación; la maduración queda sólo señalada, como se ha indicado precedentemente, por una transformación de la coloración, cierta evolución de la composición química y una disminución progresiva de su humedad. En la madurez, la carióspeide (grano de arroz) se divide en tres partes: tegumento, albúmen y embrión.

Las dimensiones del grano varían en función del lugar que ocupa en la panícula, e igualmente en función de las condiciones de cultivo. El volúmen puede variar de 10 cms<sup>3</sup> a más de 30 cms<sup>3</sup> por cada 1,000 granos. Todos estos datos permiten comprobar la variabilidad del peso por litro, de 500 a 600 grs.. Esto es de un valor comercial indudable, ya que en numerosos países las transacciones interiores de arroz paddy se efectúan todavía sobre la base de medidas de volúmen.

## CAPITULO VI DE AGUA ECOLOGIA DEL ARROZ

GENERALIDADES.— Las condiciones ecológicas de la producción arroceras son extremadamente diversas; el arroz es una planta particularmente plástica, que se cultiva desde el Ecuador hasta más allá de los 45° de latitud N., desde el nivel del mar hasta los 1,500 m. y más de altitud, en los suelos mas diversos, en los mas arcillosos como en los mas limosos, tanto en cultivo acuático como en cultivo de secano.

a).—CLIMA.—Entre los factores climáticos, la temperatura parece la más importante porque, si bien es posible paliar las diferencias pluviométricas por irrigación complementaria o incluso total, no se puede intervenir más que en forma muy ligera sobre el factor térmico: por calentamiento artificial de las aguas de riego al principio de la vegetación, por protección de las semillas en semilleros, por empleo de variedades de ciclo vegetativo adaptado a las condiciones térmicas (por recolección suficientemente adelantada para evitar la acción de las heladas otoñales, por ejemplo).

Por el contrario, los límites más septentrionales de la orizocultura están determinados por el período del año durante el cual no sólo las temperaturas medias son suficientes para permitir la germinación y el crecimiento del arroz, sino también durante el cual las probabilidades de temperatura insuficiente son extremadamente reducidas; este período no debe ser, en todo caso inferior a cinco meses para permitir un crecimiento normal y unos rendimientos satisfactorios.

Para juzgar más exactamente las necesidades técnicas del arroz, es necesario determinar la energía suministrada a la planta durante el período de su crecimiento. Esta determinación puede realizarse sencillamente sumando las temperaturas medias diarias durante este período. Se constata entonces que en las regiones tropicales, esta suma de temperaturas es dos o tres veces superior a la de las regiones subtempladas o templadas. Y sin embargo son estas últimas regiones las de mayores rendimientos.

Se puede igualmente medir la energía recibida en las diversas latitudes y que varía en el curso del año en función de las horas del sol, determinadas por la latitud.

Pero esta energía radiante se reduce en función del porcentaje de insolación posible. Otro factor interviene en efecto, la duración del día.

b).—DURACION DEL DIA. — El arroz reacciona de forma muy variable a la duración del día; tal reacción es compleja y ligada a la reacción a la temperatura.

La muy amplia extensión y distribución de las zonas de cultivo desde el Ecuador hasta más allá de los 45° de latitud N., somete al arroz a duración de día muy diversas. Constante en el Ecuador, esta duración varía en el curso del año de 8 a más de 15 horas y media en la zona más septentrional de producción, la de Vercelese, en Italia.

Pero si el aumento de la duración del día con la latitud se mantiene evidentemente en altitud: a medida que ésta aumenta, disminuye el período de crecimiento del arroz a causa de la disminución general de las temperaturas.

Autores japoneses han establecido un coeficiente "fitométrico" determinado por la equivalencia latitud altitud, a fin de obtener unos rendimientos idénticos para la misma variedad cultivada en suelos parecidos.

Matsushima y Kawkubo, han calculado que la temperatura media anual decrece 0.089°C por grado de latitud, y 0.6°C. por cada aumento de un centenar de metros de altitud.

Los valores medios mensuales de temperatura y de duración del día durante el período de crecimiento del arroz permiten una valoración aproximada de la evapotranspiración del arroz durante este mismo período y, por consiguiente, de las necesidades absolutas de agua para compensar esta evapotranspiración.

Así, el arroz exige de 160 a más de 200 mm. de agua por mes, según la latitud para un período de vegetación de seis meses. Esta necesidad mensual aumenta para los ciclos vegetativos muy cortos y disminuye, por el contrario, para los ciclos vegetativos largos.

Además de la duración del día, se sabe que la intensidad de la iluminación juega un papel importante en el fenómeno de la fotosíntesis; las regiones arroceras muy soleadas durante el crecimiento del arroz y después de la floración dan grandes rendimientos; sin embargo, debe observarse que éstas son igualmente zonas de muy larga duración del día durante el período de vegetación. Por el contrario, las zonas ecuatoriales, de gran nubosidad dan frecuentemente unos rendimientos mediocres.

c).—PLUVIOMETRIA.—La producción arroceras depende totalmente de la pluviometría cuando se trata de cultivo de secano. Por el contrario, en el cultivo acuático, si bien la pluviometría juega un papel primordial, debe estudiarse este papel teniendo en cuenta las posibilidades de riego complementario.

d).—HUMEDAD RELATIVA-EVAPORACION.— En materia de humedad relativa, se debe tener en cuenta:

—Ciertas variaciones diurnas que pueden ser considerables y son casi inversas a las de la temperatura; estas variaciones diurnas cambian durante el curso del año; influyen considerablemente sobre el mecanismo de apertura de las glumelas; intervienen además sobre el desarrollo de las enfermedades criptogámicas.

Las variaciones diurnas de humedad relativa son también determinantes para la fijación de las horas de recolección con la cosechadora, cuya utilización es óptima cuando el grano tiene una humedad comprendida entre el 8 y el 22%

Las condiciones de humedad relativa del aire determinan igualmente los procesos de secado y de conservación del grano.

Se puede proceder o bien a la medida de la humedad relativa del aire, o bien a la medida de la evaporación, aunque la correspondencia exacta entre esta medida y la evaporación real es difícil de establecer.

e).—VIENTOS.—El viento puede causar el vuelco de las plantas, sobre todo en las variedades de alto porte, provocando daños en la panícula en el momento de la espigación y la deterioración de los granos sumergidos en el agua del arrozal.



El viento puede también actuar por su acción secante; los vientos secos y calurosos pueden causar quemaduras en la planta y el aborto de los granos en el momento de la formación; los vientos fríos y secos producen un amarillamiento de las plantas y provocan, en el momento del arranque un elevado porcentaje de pérdidas. Para luchar contra su acción los cultivadores de arroz de algunas regiones, colocan unas cortinas rompevientos.

f).—EL SUELO.—Si se pasa revista a todas las regiones de producción de arroz, importantes o no, se constata que el arroz se cultiva en los suelos más diversos, bien se trate de cultivos acuáticos o de cultivos de secano. Esta diversidad concierne tanto a la morfología, estructura y textura de los suelos como a sus propiedades químicas y fisicoquímicas, su relieve y su altitud; bien entendido que la altitud del cultivo del arroz está, según las latitudes, limitado por el descenso de las temperaturas correspondientes; las temperaturas bajas constituyen entonces el factor limitante de la producción.

El arroz por sí mismo es poco exigente, desde el punto de vista de las propiedades físicas y químicas del suelo del cultivo; las únicas exigencias reales resultan de los imperativos hidráulicos del cultivo acuático.

Si es evidente que el cultivo del arroz no puede ser practicado en los suelos cuya superficie o subsuelo no sean suficientemente impermeables para que la capa de agua necesaria para la vegetación pueda ser retenida continuamente o, al menos, durante los períodos sucesivos de sumersión, no lo es menos que tales suelos deben poder ser rápida y suficientemente drenados para permitir, de una parte, un cierto número de operaciones culturales, sobre todo la recolección, y, de otra parte una reoxigenación suficiente de las capas explotadas por el sistema radicular de la planta de arroz.

Los principales factores que determinan la formación de los suelos arroceros son:

- Las condiciones de reducción favorecidas por el mal desagüe, el escaso pH y las materias orgánicas.
- La posibilidad de una percolación de arriba a abajo.
- La presencia de dosis importantes de compuestos de Fe. y Mn.

Es cierto que más aún que los suelos cultivados en secano,

los suelos destinados al cultivo acuático se transforman por la acción de la sumersión, del drenaje y del trabajo del hombre; esta transformación, que parece más fácil a partir de suelos ácidos que a partir de suelos básicos, es más o menos larga; Kawaguchi y Matsuo estiman que, en condiciones favorables, los suelos cultivados en seco requieren de 50 a 100 años para transformarse en suelos arroceros.

Casi se puede afirmar que no existen a priori suelos para el cultivo acuático, sino suelos que por acción del clima y, sobre todo, del agua, se transforman y mantienen ventajosamente el cultivo del arroz.

En cultivo de seco, practicado sobre todo en clima tropical, el arroz se produce en los suelos más diversos, estando entonces determinado este cultivo por las condiciones del clima; los mejores suelos son los limosos o limoarcillosos y de fácil drenaje.

f 1).—PROPIEDADES FISICAS.—El anefamiento temporal o permanente de los suelos de arrozal acuático y la composición de la textura del suelo y del subsuelo, y más concretamente de los horizontes superficiales y los de profundidad media de los suelos orizícolas, son con la estructura misma de dichos horizontes, los factores determinantes de la disponibilidad de esos suelos para la orizocultura. →

f 2).—TEXTURA.— La composición granulométrica de los suelos y subsuelos, es extremadamente variable en cualquiera de sus puntos; pueden obtenerse excelentes rendimientos con perfiles de textura muy diversa.

Sin embargo, los mejores rendimientos corresponden a proporciones determinadas de arcilla y de limo, siendo la textura arenosa la más desfavorable al cultivo acuático del arroz. La textura mediana de un perfil arcilloso parece la más favorable, pero una capa superficial arcillosa es igualmente favorable, perdiendo entonces su importancia la textura de los horizontes inferiores: 40% de arcilla parece ser particularmente conveniente. Un subsuelo arenoso relativamente profundo (más de 40 cms.) influye más sobre la productividad si las capas superficiales son arcillosas.

Bajo la influencia del laboreo, del desterronado y sobre todo de la sumersión, la estructura de diversas capas de suelos del

arrozal se modifica a menudo profundamente; pero durante la estación seca la estructura se modifica, volviéndose tanto más gruesa cuanto más ligera (de mediana a arenosa) es la textura.

Pero en presencia de una textura muy arcillosa en período seco, el suelo se agrieta, a menudo profundamente, formando terrones muy duros, poligonales, angulosos y resistentes; esta estructura desfavorable exige una previa humedificación para permitir las labores culturales. Los horizontes subsuperficiales tienden generalmente, bajo la acción de la sumersión a tomar una estructura maciza.

Si la estructura de las capas superficiales se hace y deshace en función de las alternativas de desecación y de sumersión sin tener gran influencia sobre la productividad, la estructura original de varias capas, especialmente del horizonte subyacente, influye sobre las facilidades de drenaje, de las labores en los suelos y eventualmente sobre las posibilidades de rotación.

f 3).—MOVIMIENTOS DEL AGUA.— Las alternativas de sumersión y de drenaje, o la sumersión permanente, así como los movimientos de la capa freática, intervienen profundamente sobre la estructura del suelo, que puede encontrarse de este modo modificada y aun transformada totalmente, en relación a un suelo de igual textura constantemente sometido a esas variaciones.

Pero, a su vez, la textura y esa neoestructura intervienen sobre los movimientos posibles del agua en el suelo e influyen en las propiedades resultantes, particularmente el grado de reducción y los fenómenos que suscitan.

Parece necesaria una cierta percolación, aunque sólo sea para evitar una elevación de la concentración de las sales tóxicas, pero esta percolación así como el drenaje de los suelos de arrozal deben ser débiles o moderados para permitir mayores rendimientos. Un drenaje excesivo, en suelos muy permeables, determina rendimientos mínimos, a pesar de un consumo de agua considerable a menos que se forme un horizonte de labor suficientemente impermeable. Inversamente, un drenaje nulo o casi nulo inexistente convierte a la tierra impropia para el cultivo del arroz.

Queda bien entendido que esta mayor o menor impermeabilidad de los suelos de arrozal influye, según el horizonte de que se trate, no solamente en los fenómenos de drenaje y de percola-

ción, especialmente, sino de igual manera en los fenómenos de variación de la capa freática; en zonas de alta salinidad, particularmente en zonas costeras, los libres movimientos de la capa freática facilitan la filtración de las aguas y permiten crear condiciones artificiales favorables de drenaje.

f 4).—PROPIEDADES QUIMICAS.— La composición química de los suelos arroceros, ligada a la misma naturaleza de los materiales de que se componen, determina en gran parte el nivel de fertilidad de estos suelos. Pero aún así las condiciones propias del cultivo acuático del arroz intervienen considerablemente.

- los fenómenos de sumersión temporal o permanente determinan una solubilización mucho más activa de los elementos minerales que en cultivo de secano tendiendo así a aumentar su asimilabilidad;
- los fenómenos de reducción o de oxidación intervienen igualmente en las diferentes reacciones experimentadas en el suelo de arrozal;
- las aguas de sumersión aportan por sí mismas elementos minerales extraídos de la atmósfera (nitrógeno), o resultantes de las partículas terrosas arrancadas a las vertientes de las cuencas, lo cual explica la posibilidad de cultivo sin discontinuidad desde siglos del arroz en los mismos suelos, especialmente en los de los grandes deltas, sin necesidad de fertilización;
- finalmente, la escasa necesidad del arroz en elementos nutritivos constituye igualmente un factor favorable para dicha producción repetida sin fertilización o con fertilización moderada.

Los elementos esenciales para el crecimiento del arroz son los básicos: N, P, K, e igualmente el hierro y el manganeso. La sílice bajo forma asimilable y ciertos oligoelementos, pero en dosis muy reducidas. La acidez, no parece jugar tampoco, por sí misma, un papel decisivo puesto que el arroz vegeta muy correctamente entre muy amplios límites de pH, de 4 a 8. No obstante, los valores extremos de pH son generalmente el índice de la presencia en el suelo de elementos cuya toxicidad es de temer para el crecimiento: hierro y aluminio en el caso de pH bajo; sales solubles en el caso de pH elevado.

f 5).—PROPIEDADES BIOLOGICAS.— Si, en el cul-

tivo de arroz en secano la actividad microbiana que se desarrolla en los suelos no es esencialmente diferente de otros cultivos, no ocurre lo mismo en el cultivo acuático teniendo en cuenta la sucesión e importancia relativa de las fases de sumersión y de emersión; en la fase de anegamiento, pueden distinguirse en el suelo tres capas sucesivas: la capa superficial que se encuentra en condición aerobia por la presencia de oxígeno en el agua de sumersión, la capa subyacente en condiciones anaerobias y la capa profunda que presenta mayores o menores reservas de oxígeno; en fase de emersión, la totalidad, o al menos la capa superior del suelo, se encuentra en aerobiosis. Los suelos de arrozal encierran una microflora compleja de hongos, algas, protozoarios y bacterias.

Los estudios efectuados por Castagnol y Nguyen Cong Vien, en el Norte de Vietnam, han demostrado que en arrozal sumergido:

- los microorganismos son mucho más abundantes en el suelo que en el agua del arrozal;
- a pesar de la ausencia de aeración del suelo, las bacterias aerobias predominan netamente sobre las otras formas bacterianas;
- las algas más abundantes en la tierra que en el agua del arrozal, pueden sufrir grandes variaciones en cortos intervalos de tiempo;
- los hongos son de 10 a 15 veces más abundantes en la tierra que en el agua del arrozal;
- finalmente, las labores culturales tienen una influencia considerable sobre la población microbiana, tal como muestran los bruscos aumentos que se producen en la época del rastillaje y abonado del arrozal y durante el trasplante del arroz.

f 5.1).—LA ACTIVIDAD MICROBIANA.— Las proporciones relativas de bacterias aerobias y anaerobias en el suelo de arrozal varían naturalmente en función de las condiciones de ausencia o falta de aire, determinadas por las fases de sumersión, el grupo de las aerobias crece; luego, en cuanto el estado de reducción se desarrolla en el suelo, dicho número decrece muy rápidamente mientras el número de las anaerobias aumenta mucho más considerablemente.

Entre dichos microorganismos, algunos presentan un interés particular:

- los gérmenes fijadores de nitrógeno: Nitrobacterias (*A. indicum*, particularmente) y *Clostridium*;
- los gérmenes nitrosos, responsables de la nitrificación;
- los agentes de la descomposición de la celulosa;
- los agentes desnitrificadores y amonificadores.

Las variaciones de los tres primeros grupos de microorganismos presentan máximas y mínimas que se corresponden; en conjunto, sus variaciones presentan cierta analogía que nos conduce a pensar que la descomposición de la celulosa, la fijación del nitrógeno y la nitrificación están ligadas entre sí, proveyendo los agentes celulósicos, por descomposición de los rastrojos y las materias orgánicas escondidas, sustancias energéticas indispensables para la proliferación de las bacterias fijadoras del nitrógeno.

## CAPITULO VII

### GENETICA DEL ARROZ

GENERALIDADES.— Se ha dicho ya que los arroces cultivados pertenecen a dos especies, *Oryza sativa* L. y *Oryza glaberrima* Steud, la primera constituye la casi totalidad de la producción mundial.

En cada una de estas especies se registran numerosas variedades. Es conveniente precisar que la noción de variedad se basa en una noción genética, o sea la herencia en su más amplia acepción de los caracteres genéticos característicos; sin embargo, aunque ciertos caracteres son simples de definir por un concepto de presencia o de ausencia, la mayoría presentan variaciones considerables.

Por otra parte, ciertas variaciones determinadas por los caracteres genéticos netos, presentan paralelamente caracteres fluctuantes tales, que se puede establecer una jerarquía que encierra, dentro de la variedad botánica (o agrupación varietal), subvariedades (o agrupaciones de subvariedades) entre las que se distribuyen las formas botánicas, después las razas de cultivo y por fin las variedades cultivables.

Se pueden clasificar, aproximadamente, los caracteres genéticos de la *Oryza sativa* L. en tres categorías.

- caracteres cualitativos;
- caracteres cuantitativos;
- caracteres fisiológicos;

a).—CARACTERES CUALITATIVOS MAS IMPORTANTES.

a.1).—PIGMENTACION ANTOCIANINA.— Si bien poco importante por sí misma, la pigmentación antocianina revisita para el genetista un gran valor por el hecho de su asociación genética con otros caracteres importantes como son la esterilidad de las espiguillas, vigor y aun la producción. La pigmentación antocianina depende esencialmente de dos genes base, uno cromógeno (C) y un gene de reducción (A). Por otra parte, el grado de intensidad de la coloración, su distribución e incluso su ausencia, dependen de genes complementarios (de cinco a nueve según los autores); combinada de forma diferente según las diversas partes de la planta, esta coloración antocianina interesa las diversas partes de la espiguilla (estigmas, ápice, glumelas, barbas), del raquis, de la cariósida (particularmente el pericarpio), los tallos (nudos y entrenudos), hojas (vainas y limbo), ligula, aurícula, articulación vaina foliar) y las raíces. La coloración antocianina del ápice es particularmente importante; puede ser, en efecto, de un color distinto al de las glumelas y glumas. Las barbas son, casi siempre, del mismo color que las glumelas. La coloración de los estigmas parecen correlativo al de las vainas foliares y de los ápices.

a.2).—CARACTERES DEL TALLO.—En lo que hace referencia al porte, la compacidad de las matas es un carácter recesivo del porte laxo o rastrero; el carácter flotante es debido a un doble gene recesivo; el enanismo está considerado como determinado por simples mutaciones recesivas; el espesor de los entrenudos es polifactorial; el ángulo nodal es debido a dos genes complementarios; por otra parte, la coloración base de los tallos es de color pajizo o dorada; esta última coloración es simplemente recesiva de la primera; finalmente, una coloración blanco-gredosa produce con el amarillo oro una coloración amarillenta.

a.3).—CARACTERES DE LA HOJA.—La ausencia de aurícula y de ligula no es más que un carácter recesivo de la presencia normal de dichas piezas; la pubescencia de las hojas se debe a un simple par de factores. Las variedades de limbo coloreado tienen por regla general la vaina coloreada, sin embargo, la situación inversa no es constante. La coloración de los limbos está asociada a la de las glumelas.



a.4).—DEFICIENCIAS CLOROFILICAS.— Se han observado numerosas mutaciones en materia de deficiencia de clorofila; se trata de mutaciones bien letales (como son las albinas) o bien no letales (hojas listadas, por ejemplo). Tales deficiencias son debidas a la acción de genes múltiples o simples.

a.5).—CARACTERES DE LA PÁNICULA.—La longitud de la panícula es multigenética; la de las glumelas es debida bien a uno o bien a dos factores; la forma en arista es un carácter dominante debido a dos o tres factores; el carácter impúber de las glumelas es recesivo, de la misma forma que la no oclusión de las glumelas tras la antesis en ciertos casos.

En cuanto a la coloración de las glumelas, que resulta tanto de la pigmentación antocianina como de la pigmentación no antocianina, nos ofrece una diversidad considerable, muy superior que en cualquier otro lugar de la planta de arroz; por otra parte, los factores de la coloración antocianina son independientes de los de la coloración no antocianina; este último está realmente sometido a la dependencia de varios genes:

- cuatro que controlan la distribución (normalmente en manchas) de los colores amarillo oro, verde y naranja;
- un gene inhibidor;
- un gene que controla la distribución del color naranja sobre las glumelas;
- uno o dos genes que pueden determinar la aparición de un color negro humo a la madurez.

a.6).—CARACTERES DE LA CARIOPSIDE.—La forma del grano o semilla es la resultante de su tallo y grosor.

La talla del grano resulta de su longitud y anchura. Estas dos dimensiones están bajo la dependencia de múltiples factores; el carácter corto es dominante en relación con el carácter largo; una cierta correlación existe entre la longitud y la relación longitud-anchura, los granos largos son generalmente estrechos y los granos cortos son más a menudo anchos.

El grosor depende también de múltiples factores.

El peso, de importancia económica incontestable, depende de la talla y de la forma, aunque se conocen incorrectamente las reglas de la herencia de este carácter.

El color de la cariósida es debido estrictamente a su pericarpio; se distinguen convencionalmente once colores de pericarpio,

desde el blanco ( más frecuente) al rojo y al púrpura (casi negro); este color está bajo el control de cinco genes.

En cuanto al carácter glutinoso o pegajoso del albúmen, es simplemente el carácter recesivo del no viscoso.

El perfume de ciertas variedades puede ser mono o multifactorial.

Finalmente, la muesca visible en ciertas cariópsides queda determinada por dos factores, uno simple y otro inhibidor.

#### b).—CARACTERES CUANTITATIVOS.

b.1).—ESTERILIDAD.— Se pueden observar varias formas de esterilidad: semiesterilidad y esterilidad completa.

La semiesterilidad es la forma más frecuente; depende de múltiples genes; la esterilidad de las espiguillas se encuentra en los híbridos entre razas geográficas diferentes; los híbridos *índica* X *japónica* presentan esterilidad que alcanza desde el 10 al 90%.

En lo que se refiere a la esterilidad total, puede ser de muchos tipos; esterilidad masculina, femenina, etc....., según los casos mono o bifactoriales recesivos.

b.2).—CICLO VEGETATIVO.— Desde la germinación a la madurez, el ciclo vegetativo del arroz, puede situarse según las variedades a lo largo de 80 a 240 días.

En una primera aproximación, las variedades pueden clasificarse en dos grandes categorías: las de ciclo vegetativo constante, con fecha de maduración fija a las que pertenecen generalmente las variedades tempranas (cuatro meses o menos); las variedades de estaciones tardías son generalmente del segundo.

La duración del ciclo vegetativo parece estar determinada por uno o dos factores simples y puede ser que por un gene inhibidor. Sin embargo, se sabe que el ciclo vegetativo varía en función de la fotosensibilidad y también de la termosensibilidad de las variedades; Chandraratna ha hallado que las variedades fotosensibles debían este carácter a un gene simple dominante, ligado a la coloración del ápice, este gene actuaría sobre el ahijamiento, ya que los fenotipos fotosensibles poseerían una mayor complejidad: el ciclo vegetativo estaría controlado por seis genes, tres de los cuales determinarían una fuerte fotosensibilidad y otros tres una fotosensibilidad débil.

b.3).—LONGITUD DE LA PAJA.—La longitud de la

paja, de gran importancia para el vuelco y para la alimentación del ganado, parece ser generalmente plurifactorial; estaría en estrecha correlación con la excreción y la longitud de la panícula y también con el rendimiento. La asociación entre la longitud de la paja y el ciclo vegetativo demuestra que el carácter paja corre parejo con la precocidad y la paja larga con las variedades tardías.

b.4).—AHIJAMIENTO.— Las variedades pueden agruparse en dos grandes categorías: las de panícula numerosas y las de panículas densas o pesadas.

El primer grupo abarca las variaciones de gran ahijamiento y gran número de pequeñas panículas; la mayor parte de las variedades *japónica* pertenecen a este grupo. El segundo grupo engloba a las variedades de ahijamiento débil y panículas relativamente largas. Las variedades de tipo *indica* pueden pertenecer a uno u otro de estos dos grupos.

El ahijamiento dependería de algunos genes y está en correlación positiva con el rendimiento.

b.5).—VUELCO.—El vuelco, en especial cuando tiene lugar precisamente antes o después de la floración determina pérdidas graves. Debido a la debilidad de la paja, depende de un solo gene, el carácter de paja resistente parece asociado a los caracteres de ahijamiento débil y largo ciclo vegetativo.

b. 6).—DESGRANE.—Es también causa de pérdidas considerables: el desgrane es extremado en la mayor parte de los arroces salvajes. Es muy variable según las variedades cultivadas; las de grano redondo parecen desgranarse más que las de grano largo u oval. El color negro ahumado de las glumelas en su madurez parece tener cierta relación de asociación.

### c.)—CARACTERES FISIOLÓGICOS.

c.1).—RESISTENCIA A LA SUMERSIÓN.—Esta resistencia es un carácter complejo y todavía mal definido: las plantas de mayor edad en el momento de la sumersión parecen las más resistentes; por el contrario, su altura no es un índice de su capacidad de resistencia; rendimiento y resistencia de la sumersión no son correlativos.

c.2).—RESISTENCIA A LA SEQUIA.—Esta resistencia es, sin duda, dependiente de genes específicos; parece ser correlativa de determinadas características; gran porcentaje de ger-

minación tras humedecimiento a 15-16°, seguido de un calentamiento a 45-49°, débil relación de transpiración, etc.

c.3).—RESISTENCIA A LA SALINIDAD.—Una resistencia indiscutible está determinada por genes específicos.

c.4).—RESISTENCIA A LAS ENFERMEDADES.—La resistencia varietal a las diversas enfermedades provocadas por criptógamas tales como: *Piricularia oryzae*, *Helminthosporium oryzae*, *Seclerotium oryzae*, *Cercosporia oryzae*, etc., es compleja y depende frecuentemente de muchos factores, sobre los cuales los especialistas tienen distintas opiniones. El problema se complica por el hecho de la resistencia a las razas fisiológicas de agentes patógenos.

c.5).—LATENCIA DE LAS SEMILLAS.—Las condiciones del medio afectan extraordinariamente la latencia; sin embargo, parece corresponder a una característica hereditaria determinada por al menos un gene específico.

Las relaciones de los diversos caracteres han sido estudiadas por un determinado número de genetistas; teóricamente estas relaciones deberían estar distribuidas en doce grupos (tantos como cromosomas); pero en realidad el número de agrupaciones reconocidas es menor (ocho o nueve como máximo) y ciertas relaciones dan lugar a controversias entre los investigadores.

## CAPITULO VIII

### FISIOLOGIA DEL ARROZ

**GENERALIDADES.**—Los conocimientos sobre la Fisiología del arroz permiten explicar los hechos diversos y los fenómenos observados en los campos de cultivo; por otra parte, la aplicación de estos conocimientos en la práctica cultural es la base de la mejora de la producción por medio de una actuación sobre el medio, el suelo y el agua en especial, y sus relaciones con el material vegetal. Se verá en primer lugar la acción de los factores climáticos: temperatura, luz, agua, (humedad); después el metabolismo del arroz bajo los siguientes aspectos: nutrición, respiración, asimilación clorofílica y transformación de los elementos absorbidos durante el período vegetativo.

a).—**ACCION DE LA TEMPERATURA.**—El arroz exige para vegetar una cantidad total de calor proporcional a la duración de su ciclo vegetativo; esta cantidad de calor ha sido calculada por diversos autores, por adición de las temperaturas medias diarias durante la vegetación y los resultados obtenidos fueron: de 3,000 a 3,500°C. para variedades tempranas y de 4,400 a 6,600°C. para las variedades tardías.

a.1).—**ACCION DE LA TEMPERATURA SOBRE LA GERMINACION.**—Según Oka, parece ser que las variedades del tipo índica no germinan por debajo de los 13°C., mientras que para las variedades del tipo japónica las temperaturas mínimas absolutas y medias de germinación parecen estar situadas entre los 11 y los 13°C. La velocidad de germinación aumenta con la tem-

peratura y es inversa a una constante de temperatura que resulta más elevada para las variedades del tipo índica, y particularmente para las sensibles al fotoperiodismo, que para las variedades del tipo japónica; también estas últimas tienen tendencia a germinar menos rápidamente que las primeras, la temperatura óptima se sitúa entre los 30 y los 35°C., la germinación disminuye progresivamente y puede llegar a anularse completamente.

a.2).—ACCION DE LA TEMPERATURA SOBRE LA FASE VEGETATIVA.—Esta acción es compleja. En efecto, la temperatura tiene en primer lugar una influencia muy superior a la de la luz durante las primeras fases de la vegetación; por tanto afecta el crecimiento propiamente dicho, la altura de la planta y la duración de la fase vegetativa; la complejidad de esos fenómenos proviene, por una parte, del hecho de que existe una interacción constante, más o menos marcada, con la luz; por otra parte, la temperatura actúa no solamente por el aire ambiente, sino también a través del agua de riego.

La velocidad del ahijamiento se acelera notablemente en función de la temperatura entre los 15 y 30°C., resultando estas aceleraciones más importantes para los índica que para los japónica; por consiguiente, la duración del ahijamiento se acorta cuando la temperatura se eleva, este acortamiento al ser función de las variedades, es ligeramente más importante para las japónicas que para las otras. En cuanto al número máximo de tallos, para la mayoría de las variedades disminuye cuando la temperatura aumenta por encima de una media situada entre los 32 y los 34°C.

Finalmente el porcentaje de elongación o crecimiento medio diario de la planta en altura en relación con la altura media de esta planta, por el grado de aumento de la temperatura es más elevado (de 7 a 8%) en las variedades japónica que en las índica.

Estas observaciones diversas están encaminadas a demostrar que las variedades del tipo índica son susceptibles de un crecimiento vegetativo más vigoroso a altas temperaturas, que las del tipo japónica. La intervención de la temperatura sobre la duración de la fase vegetativa (de la germinación a la espigación) es compleja debido a la interferencia de la acción fotoperiódica de la duración del día; esta forma es más marcada en las variedades índica que en las variedades japónica.

a.3).—ACCION DE LA TEMPERATURA SOBRE LA

**FASE GENERATIVA.**—El paso de la fase vegetativa a la fase generativa parece estar determinado por una variación neta de la temperatura, sin que los diversos autores estén de acuerdo sobre el estricto sentido de esta variación (disminución o aumento). Por otra parte, la temperatura actúa en forma importantísima sobre los fenómenos que se desarrollan en el curso de la fase generativa. La iniciación de los órganos florales puede ser acelerada de dos, tres o cuatro días por grado suplementario de temperatura, según se trate de variedades japónica o índica, entre los 27 y 29°C.; por encima o por debajo de éstas la iniciación disminuye.

Muchos autores han estudiado los efectos de las bajas temperaturas durante el período iniciación-fecundación, ya que actúan desfavorablemente entre los días 20 y 24 antes de la espigación, afectando la formación primaria de las glumas, pistilo y estambres, que se traduce en un porcentaje de hasta el 35% de espigas estériles; de uno a doce días antes de la espigación las temperaturas bajas afectan la reducción de las células madres de los granos de polín y del saco embrionario, pudiendo traducirse sus efectos por la destrucción del 40 al 45% del peso de las espiguillas. La nefasta acción de las bajas temperaturas adquiere mayor gravedad con la mayor duración de las mismas.

Es, pues, en esta época cuando la acción de las temperaturas bajas adquiere características desastrosas; y lo es más aún en el caso de una larga duración de temperatura media (ocho días a 17°C., por ejemplo) que en el de una corta exposición a temperaturas muy bajas (cuatro días a 13°C., por ejemplo). Finalmente entre los 10 y 13°C, el pólen no puede germinar. De una forma general, una baja temperatura retarda seriamente el desarrollo de la inflorescencia, comprometiendo incluso la aparición de la panícula.

En lo que a la apertura de las flores se refiere, ésta se efectúa entre los 22 y los 32°C., habiendo tenido lugar la polinización en ese momento o algunos segundos después, cuando la temperatura es más elevada (de 26 a 37°C.,) Por último, la longitud de la panícula, correlacionada estrechamente con la longitud final del tallo, depende de la temperatura experimentada por la planta antes de la iniciación floral o durante el período de alargamiento internodal; el crecimiento de la paja se acelera con un descenso de la temperatura durante la elongación internodal.

a.4).—VERNALIZACION DEL ARROZ.— Es sabido que la vernalización es un método que consiste en que la planta experimente al comienzo de su germinación ciertas operaciones que determinan modificaciones en la duración de las diversas fases de su vida; por medio de estas técnicas, se buscan plantas que se adapten mejor a determinadas condiciones climáticas y puedan, de este modo, suministrar rendimientos satisfactorios.

La vernalización a baja temperatura (0 a 5° C.), aplicada sobre las semillas humedecidas, parece que modifica poco o nada la duración de la evolución de la planta, y sólo actúa en un tratamiento de larga duración (cinco semanas). La vernalización a alta temperatura (de 15 a 37°C.), determina generalmente una aceleración de la espigación, pero debe aplicarse al amparo de la luz.

a.5).—TEMPERATURA DEL AGUA DE RIEGO. — Las temperaturas óptimas del agua de riego están comprendidas entre 32 y 34°C., para el ahijamiento, entre 30 y 32°C., para la elongación, variando por otra parte en función de las variedades y de las fases de desarrollo; temperatura máxima: 40-43°C; letal: 50°C. El ahijamiento y la espigación sufren retrasos por debajo, respectivamente, de los 29 a 25°C.; el porcentaje de esterilidad aumenta por debajo de los 25°C. Por último, en el Japón se ha establecido que la temperatura mínima de riego es de unos 13 ó 14°C. Cuanto más baja es la temperatura del agua de riego, más retraso experimenta la espigación y más importantes son las mermas en la altura de la planta y en la longitud de la panícula.

#### b).—ACCION DE LA LUZ.

La luminosidad condiciona la vegetación del arroz según una serie de caminos paralelos: alternancias diarias de luz-oscuridad (fotoperiodismo) y duración de la exposición lumínica, intensidad de la luz, calidad de la luz. Estas acciones de la luz y sus efectos serán diversos según las fases en que se encuentre la vegetación del arroz y según la variedad; son acciones complejas que se combinan con las de otros elementos del medio y muy particularmente con la temperatura. Es casi innecesario recordar que la acción de la luz es primordial como determinante de la fotosíntesis de los hidratos de carbono. La respuesta del arroz al fotoperiodismo se le considera generalmente en forma global, pero en realidad varía según las fases de la vegetación.



b.1).—GERMINACION.—La luminosidad parece no afectar sensiblemente la germinación propiamente dicha; sin embargo, actúa desde los primeros estadios del crecimiento. La oscuridad o la claridad muy débil favorecen la elongación y aumentan ligeramente el peso de los coleótilos y las radículas.

b.2).—FASE JUVENIL.—Para la mayor parte de los autores, las diferencias que se aprecian en la duración del día apenas actúan sobre el desarrollo de la plántula durante la fase que se inicia con la germinación y cuya duración es variable de 14 a 73 días, según las variedades (de tres a cinco semanas usualmente).

b.3).—FASE REPRODUCTIVA.—La iniciación de la inflorescencia aparece como característica varietal, poco sensible a la influencia de la duración del día; sin embargo, en las variedades relativamente tempranas, diversos trabajos han demostrado que existe un fotoperíodo óptimo que se sitúa, según los casos, entre diez y once horas, por encima del cual la iniciación se retrasa e incluso se detiene. La ejerción de la inflorescencia depende, por el contrario, y en gran parte, de la acción del fotoperiodismo, así lo han demostrado los numerosos estudios realizados en todo el mundo.

El período espigación-floración no parece estar influenciado por la duración del fotoperíodo, ya que el aumento de la fotoperiodicidad tiende a aumentar la longitud de la panícula. Finalmente, en lo que se refiere al porcentaje de esterilidad, parece que éste decrece sensiblemente entre las variedades fotosensibles y sumamente sensibles cuando la duración del fotoperíodo pasa de 10h. 30m. a 12h. 30m., mientras que la antesis sería menos regular y menos prolongada en el caso de algunas variedades sometidas a un fotoperíodo largo.

b.4).—FASE VEGETATIVA.

1o.—ACCION SOBRE EL CRECIMIENTO Y EL NUMERO DE HOJAS.—Determinadas experiencias indican que el acrecentamiento del fotoperíodo determina un aumento de la elongación media diaria, del número de hojas y de la longitud de la mayor de ellas.

2o.—ACCION SOBRE EL AHIJAMIENTO.—Sobre este tema los resultados son contradictorios. Como máximo, podemos avanzar que el acortamiento del fotoperíodo tiende a aumentar el número de tallos, pero solamente cuando éste intervenga suficientemente temprano.

3o.—ACCION SOBRE LA EVOLUCION DE LAS YEMAS AXILARES.—La longitud del fotoperíodo parece no influenciar el desarrollo de las yemas axilares en ciertas variedades fotoperiódicamente insensibles, mientras que en otras el alargamiento del fotoperíodo tiende a la disminución del número de yemas axilares que alcanzan la fase reproductiva.

4o.—ACCION SOBRE LA ELONGACION Y LA ALTURA DE LOS TALLOS Y SOBRE EL PESO DE LA PAJA.—Varía en función de las variedades; en algunas, la elongación que se inicia antes de la fase reproductora no está influenciada en manera alguna por la duración del fotoperíodo, mientras que en otras sí lo está y se inicia antes, bajo los efectos del fotoperíodo de 12 h. que del de 18 h. Por otra parte, y sin que los resultados sean constantes, parece ser que la altura del tallo aumenta con el alargamiento del fotoperíodo.

Paralelamente, los ensayos efectuados en el Japón nos muestran que las curvas de respuesta del peso de la paja a la duración del fotoperíodo son comparables a los de la duración siembra-espigación; dicho de otra forma, el peso de la paja aumenta en los fotoperíodos más largos que el óptimo.

b.5).—ACCION RESULTANTE SOBRE EL RENDIMIENTO.—El rendimiento de una planta es el resultado del número de tallos con panículas, del tanto por ciento de esterilidad, del número de granos por panículas (proporcional a su longitud) y del peso medio de los granos; todos estos factores experimentan en mayor o menor grado la influencia del fotoperiodismo, pero a menudo en sentidos diferentes e incluso contrarios; no parece que se pueda extraer ninguna conclusión de las observaciones efectuadas en Bogor (Indonesia), que se llevaron a cabo sobre variedades sensibles en las cuales el aumento de la duración del fotoperíodo asegura frecuentemente mejores rendimientos, o sobre variedades insensibles. Sin embargo, es evidente que la larga duración del día durante la estación de cultivo, en las regiones templadas, aumenta de forma singular el volumen de la fotosíntesis, lo que explica que los mejores rendimientos sean obtenidos en estas regiones.

b.6).—ACCION SOBRE LA MORFOGENESIS.—Los estudios que sobre este asunto se han llevado a cabo son muy limitados y hasta ahora no se ha reconocido más que una acción de

fotoperiodismo sobre las barbas de ciertas variedades: aumento de la longitud e incluso aparición de barbas en las especies barbadas potencialmente.

b.7).—MECANISMO DEL ESTIMULO FOTOPE-RIODICO.—Todas las hojas son sensibles al estímulo fotoperiódico; sin embargo, parece ser que las más tiernas y jóvenes son las más receptivas; no solamente los limbos sino también los revestimientos de los granos; por el contrario, los tallos a los que se les han arrancado las hojas son incapaces de percibir estos estímulos.

En resumen, se ha establecido que el estímulo que pone en marcha la floración no se transmite de un tallo a otro.

b.8).—RESPUESTA A LA INTENSIDAD DE LA ILUMINACION Y A LAS DIFERENTES RADIACIONES.—Intensidad luminosa: un aumento débil de la intensidad luminosa tiene sobre el arroz una acción importante (retraso de la espigación).

La intensidad luminosa actúa no solamente sobre la asimilación del gas carbónico por la planta, sino también sobre diversas actividades fisiológicas; absorción del nitrógeno por la planta, poder absorbente de las raíces, etc., y éstos en forma diferente según las condiciones edáficas o acidez del suelo, por ejemplo.

Cuando la luz solar declina en un 40%, la asimilación va haciéndose poco a poco más lenta, hasta que decrece muy rápidamente cuando esta intensidad no es más que un 30% de la normal. La luz difusa da una vegetación delgada, de color verde pálido, siendo el peso de materia seca inferior en un 60% al obtenido a plena luz; reduce la absorción del nitrógeno, limitando la producción de raíces y modifica la relación C/N en la planta; ésto constituirá una segunda explicación de los inferiores rendimientos del arroz en las regiones tropicales, a menudo caracterizadas por una abundancia de nubosidad durante la estación lluviosa.

Sin embargo, se considera que una gran insolación repercute desfavorablemente en el crecimiento, en la elongación de los tallos y en el rendimiento, y favorece la escaldadura.

b.9).—NATURALEZA DE LA LUZ.—Sobre este asunto se han llevado a cabo ciertos estudios: la luz azul no haría efecto más que a alta intensidad, hasta cierto punto desfavorable para la calidad del grano; la luz roja sería más activa; en cuanto a las

radiaciones en el límite del violeta (4,000A), y del amarillo y del rojo (5,600A), tienen una acción inhibitoria sobre la floración de las plantas de día corto. Los tratamientos infrarrojos, sobre todo, o ultravioletas sobre las semillas, obtienen más altos rendimientos.

### c).—ACCION DEL AGUA.

Para crecer y desarrollarse, la planta de arroz debe disponer de una determinada cantidad de agua, la cual le permita el transporte de los elementos nutritivos en la planta y sirva de vehículo a los productos elaborados constitutivos de las sustancias vegetales; evidentemente es indispensable para la elaboración de la materia seca del vegetal.

c.1).—NECESIDADES DE AGUA.— Las necesidades de agua de la planta del arroz pueden evaluarse tomando como base las cantidades de agua transpirada por las hojas (con exclusión de la evaporada), en relación con la unidad de materia seca.

Las necesidades en agua de las semillas del arroz para la germinación son aproximadamente de un 20% de su peso; por otra parte, el desarrollo de las plantas jóvenes antes del ahijamiento es más activo en los suelos que contienen de un 70 a un 90% de agua que en los suelos encharcados o, por el contrario, demasiado secos (menos del 40%).

c.2).—ACCION DEL AGUA.—El desarrollo de las raíces de las plantas jóvenes es máximo cuando la humedad del suelo es del orden del 20%: durante el ciclo vegetativo el agua es particularmente indispensable, sobre todo cuando se está formando la panícula, especialmente al iniciarse la formación floral, y más aún cuando tiene lugar la diferenciación de los primordios paniculares y la reducción celular; en segundo lugar, desde el desarrollo radicular, después del espigamiento, de la floración y de la maduración del grano; éstos son los períodos durante los cuales la planta del arroz es más sensible a la sequía.

### d).—NUTRICION DEL ARROZ.

Los procesos de nutrición permiten el crecimiento de la planta y el desarrollo de los fenómenos vegetativos y reproductores. Se dividen en dos fases:

- nutrición a partir de las reservas de la semilla o grano;
- nutrición a partir de los elementos extraídos del medio ambiente.

d.1).—NUTRICION A PARTIR DE LAS RESERVAS DE LA SEMILLA.—La germinación está determinada por la acción conjugada del agua, de la temperatura y del oxígeno. El arroz necesita para germinar menos oxígeno que muchas otras plantas, sin embargo, la ausencia de oxígeno ocasiona una serie de anomalías. El oxígeno libre del medio interviene sobre la actividad de la catalasa, de la que dependen directa o indirectamente el desarrollo de la plúmula y de la radícula, así como la formación de clorofila.

El embrión, y después la plántula, se desarrolla totalmente a partir de las reservas del grano o semilla durante los primeros cinco días; después estas reservas juegan tan sólo un papel parcial y van decreciendo del sexto al décimo día, la planta joven puede prescindir totalmente de las reservas sin inconveniente alguno. La acción de la fotosíntesis sobre la materia elaborada es visible desde el octavo día, tras el humedecimiento y la alimentación por las raíces se observa un crecimiento neto del peso de la materia elaborada ya desde el noveno o décimo día, después del remojo.

d.2).—NUTRICION A PARTIR DE LOS ELEMENTOS NUTRITIVOS EXTRAIDOS DEL MEDIO AMBIENTE.—Estos elementos son de tres órdenes:

- elementos minerales extraídos del suelo o del agua;
- oxígeno absorbido por la respiración o tomado del agua de sumersión;
- gas carbónico absorbido en el transcurso de la asimilación clorofílica.

En el suelo y en el agua encuentran las plantas de arroz los elementos básicos: nitrógeno, fósforo, potasio y también calcio, hierro, silicio, así como diversos oligoelementos, cuya deficiencia puede determinar enfermedades carenciales, y su exceso, fenómenos de toxicidad. La absorción de los elementos iónicos (N. bajo la forma de  $\text{NH}_4$  y P. bajo la forma de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) depende.

no solamente de la concentración de oxígeno del medio, sino también de la actividad de la parte aérea de la planta de arroz; esta absorción varía igualmente según las regiones, en función del clima, del suelo, de las variedades, de los métodos de cultivo y de la cantidad de elementos disponibles.

La absorción de los elementos nutritivos puede dividirse en dos categorías:

1a.—Absorción no metabólica o simplemente fisicoquímica, como la deducción o la difusión de los iones de los elementos nutritivos a través de la superficie radicular.

2a.—Absorción metabólica o acumulación: las raíces del arroz, planta acuática, poseen un poder oxidante; estas raíces extraen los elementos de la rizoosfera oxidada del suelo, contrariamente a lo que sucede con las condiciones reductoras de las raíces de las plantas de cultivo de secano; la presencia de enzimas, catalasa y peroxidasa en las plantas, parece indicar de forma clara que la vía metabólica más favorable para la planta de arroz, es la del ácido glicólico.

#### e).—RESPIRACION.

La respiración varía en función del período de la fase vegetativa; la respiración total se hace cada vez más activa hasta unos siete u ocho días antes del espigamiento. Varía:

- proporcionalmente a la cantidad de agua en las células;
- proporcionalmente a la temperatura hasta los 20 ó 25°C., para permanecer constante hasta los 40°C. y decrecer a continuación;
- en función de los órganos vegetativos; es más intensa en las vainas foliares que en los limbos; en la inflorescencia, la máxima intensidad se sitúa diez días antes del espigamiento.

#### f).—ASIMILACION DEL GAS CARBONICO Y FOTOSINTESIS.

Esta asimilación varía en función de numerosos factores:

f.1).—EL PERIODO DE VEGETACION.— Efectivamente, la superficie total de las partes verdes alcanza su máximo en el espigamiento.

f.2).—LA INTENSIDAD LUMINICA.—La fotosíntesis aparente (medida por la absorción de  $\text{CO}_2$ ), presenta, tres semanas después del trasplante, un punto de saturación correspondiente a poco más de la mitad de la intensidad luminosa más elevada; a continuación es constantemente paralela a ésta; el peso de la materia seca aumenta en función de esta intensidad luminosa.

En el transcurso del día la asimilación presenta un máximo entre las 10 y las 14 horas. Debe subrayarse que el nitrógeno, puesto a disposición de la planta en las diferentes fases de la vegetación, aumenta siempre la actividad fotosintética.

En región templada en cultivo de verano, la asimilación clorofílica está relacionada con la duración del día; permite en consecuencia, alcanzar rendimientos más elevados determinados por la formación de cantidades más importantes de almidón.

## CAPITULO IX

### PROYECTO Y PROGRAMACION DEL EXPERIMENTO

a).—ELECCION DEL EXPERIMENTO Y DISEÑO EMPLEADO.—El experimento se estableció usando el tipo llamado "Experimento Factorial", haciendo todas las combinaciones posibles con las diversas modalidades de cada factor en estudio, y se consideró cada combinación como un tratamiento independiente.

Como diseño experimental se utilizó el llamado *blockes al azar* con cuatro repeticiones, el cual como su nombre lo indica, consiste en dividir el terreno en tantos lotes como repeticiones sean necesarias, estos lotes se dividen en un número igual al de tratamiento y éstos se distribuyen en estos sublotes completamente al azar.

b).—VIRIABLES QUE SE ESTUDIARON.—Se sometieron a estudio tres variables: diferentes variedades de arroz, distintas fórmulas de fertilizante y aplicación a unas parcelas y a otras no, de una práctica cultural llamada Chapón.

Como variedades de arroz se utilizan: la Milagro filipino, la Sinaloa A-68, la San Joaquín y la Criolla, como testigo.

Como fertilizantes se aplicaron las fórmulas que de acuerdo con los resultados del análisis químico que se hizo del suelo (nitrógeno nítrico, 3 bajo. Nitrógeno amoniacal, 12 bajo. Fósforo, 14 bajo. Potasio, 210 rico. Calcio, 420 bajo. Magnesio, 140 alto. Manganeso, 3 bajo. pH = 5.7) me recomendaron: el Plan Lerma Asistencia Técnica, el Ing. José Felipe Núñez, (especialista



de reconocido prestigio en este cultivo) y el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas; mismas que fueron respectivamente: la 10-8-0, aplicada en una proporción de 500 kgrs./ Ha.; la 24-12-12, aplicada en una proporción de 300 kgrs./Ha.; la 4-12-4, aplicada en una proporción de 250 kgrs./Ha. y el testigo, al cual no se le aplicó nada de fertilizante.

La tercer variable consistió en aplicar a unas parcelas y a otras no, el Chaponeo mismo que consiste en cortar las plantas de arroz cuando tienen aproximadamente de 40 a 50 días de edad, dejándolas más o menos a una altura de 20 a 25 cms. del suelo.

c).—ELECCION DE LA PARCELA.—Este experimento se planeó para ejecutarse en terrenos de la Comunidad Agraria de Purificación, Jal., y en la época de temporal de lluvias (junio-diciembre de 1969), que es cuando se siembra arroz en esta zona.

Al hacer un reconocimiento del terreno, me pareció que el que reunía los requisitos necesarios (más o menos plano, tipo de suelo uniforme, etc.), para esta clase de trabajos, era la parcela del Sr. Casimiro Núñez, quien con muy buena voluntad me cedió el terreno que necesité y además colaboró en la ejecución de todos los trabajos.

d).—MATERIALES.—Semilla desinfectada con Arazan; se sembró en una proporción de 80 kgrs./Ha.; Urea, Superfosfato triple y Sulfato de potasio, para la elaboración de las fórmulas de fertilizantes que se aplicaron. Aldrín al 2.5% para aplicarse al suelo para los nematodos; se aplicaron 50 kgrs./Ha. Los herbicidas Stam F-34 y 2.4-D Amina para combatir las malas hierbas, se aplicó en una proporción de 9.5 lts. del primero más 1.5 lts. del segundo en 400 lts. de agua. Bomba de mochila para aplicar el herbicida. Bolsas de plástico para colocar en ellas las muestras cosechadas de cada una de las parcelas. Etiquetas y una libreta de campo.

e).—TECNICA EMPLEADA EN EL EXPERIMENTO.—Con el fin de que los resultados obtenidos de este experimento no se debieran a prácticas que los agricultores no pudieran llevar a cabo en sus siembras comerciales, me limité a emplear los implementos y elementos de que disponen la mayoría de los arroceros.

Como se trataba de un terreno limpio de monte, lo primero que se hizo fue barbecharlo en seco a una profundidad de 30-35 cms. Esto se llevó a cabo el 17 de mayo de 1969, quince días después, llovió y entonces se le dió una pasada con la rastra, con la que se desmoronaron los terrones grandes. Como no siguió lloviendo, la siembra se efectuó hasta que se establecieron bien las lluvias, llevándose a cabo ésta el día 4 de julio de 1969, antes de sembrarse se le aplicó el Aldrín al suelo y enseguida se tapó con un paso de rastra, para inmediatamente después proceder a la siembra del arroz.

Se sembró al boleó y a mano, aplicando el fertilizante al mismo tiempo y también al boleó.

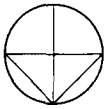
A los 18 días de germinado el arroz, cuando se vió que ya estaban germinadas todas las malas hierbas, se aplicó el herbicida

Se inundó hasta que tenía 26 días de nacido, pues en esos días llovió intensamente y con esa agua se mantuvo en perfectas condiciones. Esta inundación se llevó a cabo a base de bordos, siguiendo la topografía del terreno (casi plana, pero no nivelada). Y se estuvo vigilando que tuviera siempre la misma lámina de agua (5 a 8 cms. aproximadamente).

A los 51 días de germinado se les aplicó el Chapón a los lotes que les había tocado de acuerdo con el sorteo, este se hizo con el implemento llamado guadaña.

La cosecha se llevó a cabo manualmente, y se efectuó entre los días 2 y 15 de noviembre de 1969.

No hubo necesidad de aplicar ningún insecticida ni fungicida, pues no se presentaron ataques ni de insectos ni de alguna enfermedad, que lo ameritaran.



4	8	12	16	20	24	28	32
3	7	11	15	19	23	27	31
2	6	10	14	18	22	26	30
1	5	9	13	17	21	25	29

48	72	74	80	84	88	92	96
47	71	75	79	83	87	91	95
46	70	74	78	82	86	90	94
45	69	73	77	81	85	89	93

38	40	44	48	52	56	60	64
35	39	43	47	51	55	59	63
34	38	42	46	50	54	58	62
33	37	41	45	49	53	57	61

128	127	126	125
124	123	122	121
120	119	118	117
116	115	114	113
112	111	110	109
108	107	106	105
104	103	102	101
100	99	98	97

EXPERIMENTO CON VARIEDADES DE ARROZ  
 EN EL MUNICIPIO DE PURIFICACION JAL.  
 RUPERTO CASTANEDA GOMEZ

## CAPITULO X

### OBSERVACIONES HECHAS DURANTE EL EXPERIMENTO

a).—GERMINACION.—La Milagro filipino (IR-8) y la Sinaloa A-68 (IR-160), germinaron a los 9 días de sembradas y la San Joaquín y la Criolla a los 6 días de sembradas. Se notó una mejor germinación en la Criolla y San Joaquín.

b).—DESARROLLO VEGETATIVO.—Las cuatro variedades presentaron buen desarrollo vegetativo, aunque se notaba mejor el de la Milagro filipino. La Milagro filipino y la Sinaloa A-68, desarrollaron un tallo más corto y más grueso que las otras dos, también presentaron un color de un verde más oscuro dando mejor apariencia, tal vez por su mayor capacidad para aprovechar el fertilizante, característica que ya en otros trabajos se les ha comprobado a estas dos variedades.

La San Joaquín alcanzó una altura a la fecha del espigamiento de 1.72 m., el que no se chaponeo y 1.63 el que se chaponeo, el Criollo alcanzó una altura de 1.64 y 1.58 m., el Milagro filipino de 0.58 y 0.54 m., y el Sinaloa A-68, fue similar al anterior.

c).—RESISTENCIA AL ATAQUE DE INSECTOS Y ENFERMEDADES.—Esta característica no se pudo comprobar porque sólo se presentaron muy superficialmente; el mayate negro del arroz y el minador de la hoja, causando daños muy poco apreciables en el Criollo y San Joayquín y casi inapreciables en el Sinaloa A-68.

d).—FLORACION Y ESPIGACION.—El Milagro filipino, el Sinaloa A-68 y el San Joaquín, florecieron a los 90-95 días de germinados y comenzaron a espigar a los 100 días, retardándose los lotes que se chopenaron 8 días más. La criolla se tardó 7 días más que las anteriores.

e).—RESISTENCIA AL ACAME Y AL DESGRANE.—El Milagro filipino y Sinaloa A-68, no se acamaron, de las otras dos variedades, la San Joaquín fue la que más se acamó. En cuanto al desgrane, aunque no se presentó ninguna granizada, que es lo que nos hubiera servido para apreciar esta característica, sí se notó al cosecharse mayor resistencia del Milagro filipino y del Sinaloa A-68.

f).—MADURACION.—El San Joaquín y el Criollo maduraron muy disparejo, habiendo espigado desde los 120 días de germinado hasta los 132 días después de germinado; el Milagro filipino y el Sinaloa A-68 maduraron uniformemente a los 122-125 días después de germinados. Esto pudo deberse a que la semilla del Milagro filipino y del Sinaloa A-68, eran semilla precisamente para siembra (certificada) y la semilla del San Joaquín y del Criolla, fueron coletadas de siembras comerciales de esta región, es decir pudo deberse a la pureza de la semilla.

g).—EFECTOS OBSERVADOS EN EL CHAPONEO.—El Milagro filipino y el Sinaloa A-68, retardaron 8 días la floración y la planta quedó 5 cms. más baja que la no chaponeada. En el San Joaquín y el Criollo también se retardó la floración 5 días. Crecieron 10 cms. menos, se acamaron menos y hubo más amacollamiento. Pero en general no hubo ninguna diferencia apreciativa en lo que se refiere al rendimiento, entre las parcelas que se chaponearon y las que no se chaponearon.

## CAPITULO XI

### RESULTADOS NUMERICOS Y ANALISIS ESTADISTICOS DE LOS MISMOS

Para obtener los datos numéricos se procedió de la siguiente manera:

El terreno se había dividido en 128 lotes de 20 m<sup>2</sup> cada uno, para poner 32 diferentes tratamientos (4 variedades, 4 dosis de fertilizante y 2 labores culturales, que combinadas entre sí dan:  $(4 \times 4 \times 2 = 32)$  establecidos en 4 repeticiones ( $32 \times 4 = 128$ )

Al hacer la cosecha se tomó de cada lote 1 m<sup>2</sup>, precisamente del centro de éste, los resultados se registraron en *gramos* y en la siguiente página se consignan.

### C L A V E S

Semilla Criolla (testigo) .....	A
Semilla Milagro filipino .....	B
Semilla Sinaloa A-68 .....	C
Semilla San Joaquín .....	D
Sin fertilizante (testigo) .....	I
Fertilizante (24-12-12) .....	II
Fertilizante (4-12-4) .....	III
Fertilizante (10-8-6) .....	IV
Con chaponeo .....	CH
Sin chaponeo .....	S

CUADRO No. 2

RESULTADOS ORDENADOS POR REPETICIONES

	REPETICIONES				Tot. P. Trat.	Tot. P. Varied.	
	I	II	II	IV			
T R A T A M I E N T O S	SAI	355	650	390	480	1875	
	SAII	285	220	410	250	1165	
	SAIII	390	490	390	300	1570	
	SAIV	450	435	305	225	1415	
	CHAI	375	315	405	475	1570	
	CHAI	300	415	385	275	1375	
	CHAI	405	520	465	395	1785	
	CHAI	375	330	705	250	1660	12415
	SBI	585	595	395	630	2205	
	SBI	450	385	145	110	1090	
	SBI	605	275	345	465	1690	
	SBI	580	400	315	425	1720	
	CHBI	525	460	285	525	1795	
	CHBI	475	355	410	480	1720	
	CHBI	465	540	360	365	1730	
	CHBI	650	745	370	580	2345	14295
	SCI	455	505	425	385	1770	
	SCI	385	455	595	275	1710	
	SCI	515	395	390	515	1815	
	SCI	565	395	470	340	1770	
	CHCI	430	280	565	310	1585	
	CHCI	405	410	300	375	1490	
	CHCI	495	365	560	495	1915	
	CHCI	385	520	410	495	1810	13865
SDI	250	285	455	245	1235		
SDI	305	365	305	455	1430		
SDI	300	220	675	305	1500		
SDI	430	305	530	475	1740		
CHDI	355	260	490	535	1640		
CHDI	340	310	655	140	1445		
CHDI	275	285	400	280	1240		
CHDI	185	175	450	420	1230	11460	
TOT. P. Repet.	13345	12660	13755	12275	52035		

## ESTUDIO ESTADISTICO DE RESULTADOS

Producción por variedades y dosis de fertilizante:

DOSIS DE FERTI- LIZANTE	V A R I E D A D E S				TOTAL DOSIS
	A	B	C	D	
I	3445	4000	3355	2875	13675
II	2540	2810	3200	2875	11425
III	3355	3420	3730	2740	13245
IV	3075	4065	3580	2970	13690
<b>TOTAL</b>					
VARIETADES	12415	14295	13865	11460	52035
X	3103.7	3573.7	3466.2	2865	

Producción por variedades y labor cultural;

LABOR CULTURAL	V A R I E D A D E S				TOTAL LABOR CULT.
	A	B	C	D	
CH	6390	7590	6800	5555	26335
S	6025	6705	7065	5905	25700
<b>TOTAL</b>					
VAR.	12415	14295	13865	11460	52035
X	6207.5	7147.5	6932.5	5370.	

Producción por dosis de fertilizante y labor cultural  
(CHapón):

LABOR CULTURAL	V A R I E D A D E S				TOTAL LABOR CULT.
	A	B	C	D	
CH	6590	6030	6670	7045	26335
S	7085	5395	6575	6645	25700
<b>TOTAL</b>					
DOSIS	13675	11425	13245	13690	52035
X	6837.5	5712.5	6622.5	6845.	



Con los datos anteriores y en la forma como se ordenaron, ya podemos calcular por el método abreviado (adoptando cero como media arbitraria), la suma de los cuadrados de las desviaciones correspondientes a cada factor de variabilidad, incluyendo lo que corresponde a la variación total.

I.—Cálculo del factor de corrección (F.C.):

$$\text{F.C.} = \frac{(\sum X)^2}{n} = \frac{52,035^2}{128} = \frac{2,707'641,225}{128}$$

$$\text{F.C.} = 21'153,447$$

II.—Cálculo de la suma de cuadrados totales:

$$\sum X_T^2 = \sum X^2 - \text{F.C.}$$

$$\sum X_T^2 = (355^2 + 285^2 + \dots + 280^2 + 420^2) - (\text{F.C.})$$

$$\sum X_T^2 = 23'058,075 - 21'153,447$$

$$\sum X_T^2 = 1'904,628$$

III.—Cálculo de la suma de cuadrados para variedades:

$$\sum X_V^2 = \frac{12,415^2 + \dots + 11,460^2}{32} - \text{F.C.}$$

$$\sum X_V^2 = \frac{682'049,075}{32} - 21'153,447$$

$$\sum X_V^2 = 160,586.5$$

IV.—Cálculo de la suma de cuadrados para dosis de fertilizante:

$$\sum X_D^2 = \frac{13,675^2 + \dots + 13,690^2}{32} - \text{F.C.}$$

$$\approx X_D^2 = 21'261,949.2 - .21'153,447$$

$$\approx X_D^2 = 108,502.2$$

V.—Cálculo de la suma de cuadrados para diferente labor cultural (Chapón):

$$\approx X_{CH}^2 = \frac{25,700^2 + 26,335^2}{64} - F.C.$$

$$\approx X_{CH}^2 = 21'156,597.25 - 21'153,447$$

$$\approx X_{CH}^2 = 3,150.25$$

VI.—Cálculo de la suma de cuadrados correspondiente a la variabilidad entre repeticiones:

$$\approx X_R^2 = \frac{13,345^2 + \dots + 12,275^2}{32} - F.C.$$

$$\approx X_R^2 = 21'195,008.59 - 21'153,447$$

$$\approx X_R^2 = 41,561.59$$

VII.—Cálculo de la suma de cuadrados para la interacción de primer orden entre variedades y dosis de fertilizante:

$$\begin{aligned} \approx X_{IVD}^2 &= \left( \frac{3,445^2 + \dots + 2,970^2}{8} - F.C. \right) \\ &- (160,586.59 + 108,502.2) \end{aligned}$$

$$\approx X_{IVD}^2 = 106,598.58$$

VIII.—Cálculo de la suma de cuadrados para la interacción de primer orden entre variedades y labor cultural (Chapón):

$$\begin{aligned} \approx X^2_{IVCH} &= \left( \frac{6,390^2 + \dots + 5,905^2}{16} - F.C. \right) \\ &- (160,586.59 + 3,150.25) \end{aligned}$$

$$\approx X^2_{IVCH} = 31,511.45$$

IX.—Cálculo de la suma de cuadrados para la interacción de primer orden entre dosis de fertilizante y labor cultural (Chapón):

$$\begin{aligned} \approx X^2_{IDCH} &= \left( \frac{6,590^2 + \dots + 6,645^2}{16} - F.C. \right) \\ &- (108,502.2 + 3,150.25) - 12,389.55 \end{aligned}$$

$$\approx X^2_{IDCH} = 12,389.55$$

X.—Cálculo de la suma de cuadrados para la interacción de segundo orden entre, variedades, dosis de fertilizante y labor cultural (Chapón):

$$\begin{aligned} \approx X^2_{IVDCH} &= \left( \frac{1,875^2 + \dots + 1,230^2}{4} - F.C. \right) \\ &- (108,502.2 + 3,150.25 + 160,586.59 \\ &+ 106,598.58 + 12,389.55 + 31,511.47) \end{aligned}$$

$$\approx X^2_{IVDCH} = 176,295.72$$

XI.—Cálculo de los grados de independencia para los diferentes factores de variación:

La fórmula para calcularlos es  $G.I. = n - 1$

T o t a l e s	=	128	—	1	=	.....	127		
Para variedades	=	4	—	1	=	.....	3		
Para fertilizantes	=	4	—	1	=	.....	3		
Para labor cultural	=	2	—	1	=	.....	1		
Para repeticiones	=	4	—	1	=	.....	3		
Para variedades × dosis de fertilizante	=	3	×	3	=	.....	9		
Para variedades × labor cultural	=	3	×	1	=	.....	3		
Para fertilizante × labor cultural	=	3	×	1	=	.....	3		
Para variedades × fertili- lizante × labor cultural	=	3	×	3	×	1	=	.....	9
Para el error experimental	=	127	—	(3+3+1+3+9+3+3+9)	=		93		

CUADRO No. 3

ANALISIS DE VARIACION

FACTOR DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE INDEP. VARIANZA		F. CALCULADA	F. DE TABLAS	
					0.05	0.01
Dosis de fertilizante	108,502.20	3	53,528.86	3.93*	2.70	3.98
Variedades	160,586.50	3	36,167.40	2.66	2.70	3.98
Labor cultural	3,150.25	1	3,150.25	0.23	3.94	6.90
Repeticiones	41,561.59	3	13,853.86	1.00	2.70	3.98
<i>Interacciones de 1er. orden</i>						
Variedades X Dosis	106,598.58	9	11,844.28	0.87	1.92	2.51
Variedades X Labor C.	31,511.45	3	10,503.82	0.78	2.70	3.98
Dosis X Labor Cultural	12,389.55	3	4,129.85	0.30	2.70	3.98
<i>Interacción de 2o. orden ...</i>						
Variedades X Dosis X Labor Cultural	176,295.72	9	19,588.41	1.44	1.92	2.51
Error experimental	1'264,102.16	93	13,592.49			
Total o general:	1'904,698.00	127				

## INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

El análisis de variación que precede muestra claramente la existencia de una variabilidad significativa entre variedades, pues el valor calculado para F es superior al consignado en la tabla respectiva, para los grados de independencia del experimento y a la probabilidad de 5%. No así, en las dosis de fertilizante, chaponeo, interacciones y repeticiones; pues en todos estos casos la F calculada es menor que la F consignada en la tabla a la misma probabilidad.

Así pues en esta prueba de F, vemos que solamente entre variedades hubo diferencia significativa. Para completar el estudio estadístico, tendremos que aplicar la prueba de t a la variabilidad entre variedades y definir cual de ellas es la mejor.

Para ello calcularemos primero el error típico de la diferencia entre producciones globales de dos variedades. Como la variación del error experimental es 13,592.49 y la producción global de cada variedad procede de 32 observaciones simples, el error típico será:

$$\begin{aligned} \text{E.T.D} &= \sqrt{13,592.49 \times 32 \times 2} \\ &= \sqrt{869,919.36} \end{aligned}$$

$$\text{E.T.D} = 932.69$$

Como se cuenta con 93 grados de independencia para el error experimental, número muy superior a 30, puede tomarse para t, a una probabilidad de 0.05, el valor de  $t = 2$ , y, por tanto, el límite para que una diferencia sea significativa será:.....  
 $932.69 \times 2 = 1,865.38$ . Las producciones globales de las variedades son:

A. Criolla .....	12,415
B. Milagro filipino .....	14,295
C. Sinaloa A-68 .....	13,865
D. San Joaquín .....	11,460

Las diferencias entre las variedades B, Milagro filipino, que es la de mayor producción y las otras 3, son:

$$\begin{aligned} B - A &= 1,880 \\ B - C &= 430 \\ B - D &= 2,835 \end{aligned}$$

Estos valores nos indican que, entre las variedades B y C no existe diferencia alguna ya que el valor 430, es muy inferior a 1,865; entre las variedades B y A y entre las B y D, si existe una marcada diferencia, ya que el valor 1,880 es superior al valor límite 1,865.38; y el valor 2,835 ya ni para que discutirlo.

La que sigue en producción es la variedad C, Sinaloa A-68, y sus diferencias respecto a las otras dos son:

$$\begin{aligned} C - A &= 1,450 \\ C - D &= 2,405 \end{aligned}$$

De donde se deduce que sólo hay marcada diferencia entre la C y la D, pues de acuerdo con el valor que reporta la diferencia entre la variedad C y la A, podemos considerar a ambas como semejantes, dentro de las condiciones del experimento.

Comparando la variedad A, con la de menor producción global que es la D, tenemos que es:

$$A - D = 955$$

Y que por lo tanto podemos considerarlas como semejantes, es decir, que no existe diferencia significativa entre ellas.

## CONCLUSIONES

En resumen, el conocimiento que reporta el experimento es que, entre la variedad Milagro filipino y la Sinaloa A-68, no existe una diferencia significativa, que son semejantes, que se pueden utilizar indistintamente y obtenerse los mismos, o casi los mismos resultados. Entre la variedad B y la variedad A, el análisis nos dice que sí hay diferencia significativa, que no obtendríamos los mismos rendimientos si sembráramos en las mismas condiciones, una u otra.

Respecto de la variedad C, la prueba de t, nos dice que la variedad A y ésta, son semejantes, que si las sembráramos en igualdad de condiciones obtendríamos resultados muy parecidos.

En cuanto a la variedad D, ya vimos que no existe diferencia significativa respecto a la variedad A, pero si la hay y muy marcada respecto de la B y la C.

Por lo tanto podemos distinguir en este experimento, que las variedades probadas forman una escala en cuanto a su capacidad productiva, sembrándolas en igualdad de condiciones; siendo la mejor la Milagro filipino (B), con un promedio de 6 tons./Ha.; luego le sigue la Sinaloa A-68 (C), con 5.5 Tons./Ha.; a continuación la Criolla (A) con 4.3 Tons./Ha.; y por último la San Joaquín (D), con 3.5 Tons./Ha.

Respecto a las demás variables que se estudiaron, según el análisis de variación, no existió ninguna diferencia significativa, por lo tanto no es necesario hacer la prueba de t.

Hay que tomar muy en cuenta, la diferencia que significó el aplicar fertilizante, pues si bien es cierto que entre los diferentes fertilizantes aplicados, no hubo diferencias, sí las hay respecto a las siembras no fertilizadas, ya que mientras en éstas se obtienen promedios de 1.5 a 2.0 Tons./Ha. y con la semilla Criolla, con esta misma semilla, y fertilizando, se obtuvieron 4.3 Tons./Ha., y ésto representa un incremento de 2.8 a 2.3 Tons./Ha.



## CAPITULO XII

### RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se derivan, del experimento antes descrito, son las siguientes:

1a.—Que la Agencia General de la Secretaría de Agricultura y Ganadería en el Estado, incremente el cultivo del arroz en el Valle de Purificación, con el fin de que se aproveche toda la superficie apta para el mismo que es aproximadamente de 5,000 Has.

2a.—Que aconseje que sí siembren las variedades de arroz los vientos, más resistentes al desgrane por granizadas, resistentes Milagro filipino y Sinaloa A-68, ya que fueron las que mejor rendimiento tuvieron, las que tienen menos peligro de acamarse por a fuertes dosis de fertilizantes y en cuanto al mercado, las dos lo tienen ilimitado, la primera para exportación y la segunda para el Mercado Nacional.

3a.—Que lleve a cabo una campaña de convencimiento, para que se erradique la costumbre de chaponear el arroz, ya que ésta no tiene ninguna influencia sobre el rendimiento del mismo.

4a.—Así mismo, que establezca áreas demostrativas, sobre todo en lo que se refiere a la aplicación de herbicidas, ya que precisamente, ésto hace más inútil la práctica del chaponeo.

5a.—Que la dirección de la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara, interese a alguno o algunos de sus alumnos pasantes, para que lleven a cabo un experimento sobre el cultivo de arroz, en el Valle de Purificación, pero exclusivamente estudiando la respuesta a diferentes formulaciones y dosis de fertilizantes de las dos variedades aconsejadas.

6a.—Que la Secretaría de Recursos Hidráulicos, construya la desde hace mucho tiempo proyectada presa de almacenamiento llamada Presa de Polonia con el fin de poder cultivar mayores superficies y que destaque algunos de sus técnicos, para que auxilien a los agricultores y así se logre un correcto aprovechamiento del agua.

7a.—Por último que la Agencia General de la Secretaría de Agricultura y Ganadería en el Estado, promueva entre los arroceros de Purificación, Jal., la formación de una asociación de los mismos, para que se les simplifiquen todas las operaciones necesarias para el desarrollo del cultivo del arroz y sobre todo para que puedan comercializar sus cosechas, no tan desventajosamente como lo hacen en la actualidad.

## R E S U M E N

Con el propósito de aportar algún conocimiento que sirva para el mejoramiento del cultivo de arroz en el Valle de Purificación, Jal., se llevó a cabo un experimento sobre este cultivo, mismo que sirvió de base para elaborar este Tesis Profesional.

Se experimentó sobre los siguientes factores:

- 1o.—*Variedades*: se probaron las variedades "Milagro filipino, Sinaloa A-68, San Joaquín y la Criolla" como testigo.
- 2o.—*Fertilizante*: se aplicaron las siguientes fórmulas: 10-8-0, aplicada en una proporción de 500 kgrs./Ha., 24-12-12, aplicando 300 kgrs./Ha. y 4-12-4, aplicando 250 ..... kgrs./Ha.
- 3o.—*Labor cultural*: se sometió a estudio una práctica cultural llamada Chapón y que consiste en cortar las plantas de arroz, cuando tienen una edad entre 45 y 60 días, dejándolas a una altura entre 15 y 25 cms. Esto lo hacen los agricultores como medio de neutralizar a las malas hierbas y en parte para evitar el exagerado crecimiento de las plantas, mismo que es causa de su acamamiento. Se les aplicó a unos lotes y a otros no.
- 4o.—Aunque ésto no entró en el estudio estadístico, se aplicaron mezclados los herbicidas Stam F-34 y 2.4-D Amina. Esta aplicación fue uniforme para todos los lotes.

En las demás fases del cultivo, los trabajos se ajustaron lo más que se pudo a la realidad regional.

Este experimento se llevó a cabo en terrenos de la Comunidad Agraria de Purificación, durante los meses de junio a noviembre de 1969 y se eligió para el mismo, el tipo llamado "Experimento Factorial". Como diseño experimental se utilizó el llamado "Blokés al azar", con 4 repeticiones.

Los resultados fueron:

1o.—*Varietades*: hubo diferencia significativa entre ellas, resultando mejor la Milagro filipino con un rendimiento promedio por hectárea de 6 toneladas, le siguió la Sinaloa A-68 con promedio de 5.5 toneladas por hectárea, luego la Criolla que produjo un promedio de 4.3 toneladas por hectárea y al último la San Joaquín con promedio de 3.5 toneladas por hectárea.

Estas producciones pueden parecer bajas al compararlas con las obtenidas en otros lugares, pero ya se dijo que este experimento, en lo que se refiere a las diferentes fases del cultivo; éstas se hicieron conforme se llevan a cabo en la región, es decir deficientemente

2o.—*Fertilizante*: no se tuvo diferencia significativa entre ellos.

3o.—*Labor cultural*: no reportó diferencia significativa alguna.

4o.—*Herbicida*: se comportaron como se esperaba es decir controlaron las malas hierbas en un alto porcentaje.

5o.—Las variedades Milagro filipino y Sinaloa A-68, tienen la ventaja sobre la San Joaquín y la Criolla, de no crecer tanto y por lo mismo, estar menos expuestas al acame. Aparte de que tienen también una caña más gruesa y menos flexible.

## B I B L I O G R A F I A

- Andre Angladette. EL ARROZ. (1a. edición) Barcelona, España, 1969.
- Chandraratna (MF). GENETICS AND BREEDING OF RICE. Londres 1964.
- Chandraratna (M.F.) RICE IN CALIFORNIA. Tropical Agriculture, Peradeniya, 1955.
- Edmund W. Sinnott, Katherine S. Wilson. BONTANICA, principios y problemas; primera edición en español, México 1965.
- Espino Silvestre T. "ARROZ MILAGRO FILIPINO". Folleto de divulgación no. 36 (Abril de 1968) INIA
- Fred C. Elliott, MEJORAMIENTO DE PLANTAS, Citogenética (1967).
- George W. Snedecor, METODOS ESTADISTICOS, aplicados a la Investigación Agrícola y Biológica. Traducción al español de la 5a. edición en inglés, México 1966.
- Hernández Leonardo, Arosemena Dutari Mario y Nieves A. Teodoro. EL ARROZ Y SU CULTIVO EN EL VALLE DE CULIACAN. Folleto misceláneo CIAS No. 1 (Septiembre de 1967) INIA.
- J. J. Ochse, M. J. Soule Jr. M. J. Dijkman, C. Wehlberg; CULTIVO Y MEJORAMIENTO DE PLANTAS TROPICALES Y SUBTROPICALES (vol. II) México, 1965

- López V. Jesús. LA PRODUCCION DE SEMILLA CERTIFICADA DE ARROZ EN EL VALLE DE CULIACAN. Boletín agrícola especial No. 1 (diciembre de 1969). Asociación de Agricultores del Río Colorado.
- Loma J. L. de La, EXPERIMENTACION AGRICOLA. (2a. edic.) México 1966
- Milton P. John MEJORAMIENTO GENETICO DE LAS COSECHAS. (1a. edic. en español) México 1965
- Nava J. Fidencio y Delgado L. Linia, EVALUACION DE LA CALIDAD DEL ARROZ EN MEXICO, Folleto misceláneo No. 17 (mayo de 1967) INIA.
- Nieto N. Jorge, Ramírez A. Fidel y González T. José. EL USO DE HERBICIDAS EN ARROZ DE RIEGO EN SINALOA, circular CIAB No. 28 (junio de 1969) INIA.
- Robbins, Grafis y Raynor, DESTRUCCION DE MALAS HIERBAS. Traducción al castellano de la 2a. edición en inglés por J. Luis de la Loma. México, 1969
- Rodríguez R. Ramón y Sifuentes J. Antonio, EL BARRENADOR DEL ARROZ EN EL ESTADO DE MORELOS. Circular CIB No. 12 (octubre de 1967) INIA.
- Vasconcelos (J. de C.) O. ARROZ, estudio botánico 2a. edición, Lisboa 1963.

## CONTENIDO

INTRODUCCION .....	6
I.—FACTORES BIOLÓGICOS .....	8
a) Localización .....	8
b) Climatología .....	8
c) Pluviometría .....	8
d) Bosquejo Histórico sobre la introducción del cultivo del arroz en el Valle de Purificación .....	8
e) Importancia del cultivo .....	9
II.—RAZONES POR LAS QUE SE REALIZO EL EXPERIMENTO .....	11
III.—BREVE HISTORIA DEL ORIGEN DE LOS ARROCES CULTIVADOS .....	13
a) Generalidades .....	13
b) Origen y extensión del cultivo del arroz asiático .....	13
c) Origen del cultivo del arroz africano .....	16
IV.—DESCRIPCION Y BOTANICA GENERAL DE LOS ARROCES CULTIVADOS .....	17
a) Nombres .....	17
b) Clasificación Botánica .....	17
c) Sistemática de las Orizas .....	18
d) Tribu de las Orizas .....	18
e) El género Oriza .....	19
f) Bases morfológicas de clasificación de las Orizas .....	20
g) Bases histoanatómicas de clasificación de las Orizas .....	23
h) Bases citogenéticas de clasificación de las Orizas .....	24
i) Bases filogénicas de la sistematización del género Oriza .....	25
V.—MORFOLOGIA Y CRECIMIENTO .....	28
a) Germinación .....	28
b) Modalidades de Germinación .....	28

c)	Bases de la germinación.....	29
d)	Las raíces .....	30
e)	Anatomía de la raíz .....	30
f)	El tallo .....	31
g)	Anatomía del tallo .....	32
h)	Las hojas .....	33
i)	Organos de reproducción .....	33
j)	Aparición de la panícula .....	33
k)	Desarrollo de la inflorescencia.....	34
l)	La inflorescencia .....	35
ll)	La espiguilla .....	36
m)	Floración y fecundación .....	37
n)	El grano .....	38
VI.—	ECOLOGIA DEL ARROZ .....	40
a)	Clima .....	40
b)	Duración del día .....	41
c)	Pluviometría .....	42
d)	Humedad relativa-evaporación .....	42
e)	Vientos .....	42
f)	El suelo .....	43
f.1)	Propiedades físicas .....	44
f.2)	Textura .....	44
f.3)	Movimiento del agua .....	45
f.4)	Propiedades químicas .....	46
f.5)	Propiedades biológicas .....	46
f.5.1)	La actividad microbiana .....	47
VII.—	GENETICA DEL ARROZ .....	49
a)	Carácteres cualitativos más importantes.....	50
a.1)	Pigmentación antocianina .....	50
a.2)	Carácteres del tallo.....	50
a.3)	Carácteres de la hoja .....	50
a.4)	Deficiencias clorofilicas .....	51
a.5)	Carácteres de la panícula .....	51
a.6)	Carácteres de la cariopside .....	51
b)	Carácteres cuantitativos.....	52
b.1)	Esterilidad .....	52
b.2)	Ciclo vegetativo .....	52
b.3)	Longitud de la paja .....	52
b.4)	Ahijamiento .....	53



b.5) Vuelco .....	53
b.6) Desgrane .....	53
c) Carácteres fisiológicos .....	53
c.1) Resistencia a la sumersión .....	53
c.2) Resistencia a la sequía .....	53
c.3) Resistencia a la salinidad .....	54
c.4) Resistencia a las enfermedades .....	54
c.5) Latencia de las semillas .....	54
VIII.—FISIOLOGIA DEL ARROZ .....	55
a) Acción de la temperatura .....	55
a.1) Acción de la temperatura sobre la germinación .....	55
a.2) Acción de la temperatura sobre la fase vegetativa .....	56
a.3) Acción de la temperatura sobre la fase germinativa .....	56
a.4) Vernalización del arroz .....	58
b) Acción de la luz .....	58
b.1) Germinación .....	59
b.2) Fase juvenil .....	59
b.3) Fase reproductiva .....	59
b.4) Fase vegetativa .....	59
b.5) Acción resultante sobre el rendimiento .....	60
b.6) Acción sobre la morfogénesis .....	60
b.7) Mecanismo del estímulo fotoperiódico .....	61
b.8) Respuesta a la intensidad de la iluminación y a las diferentes radiaciones .....	61
b.9) Naturaleza de la luz .....	61
c) Acción del agua .....	62
c.1) Necesidades del agua .....	62
c.2) Acción del agua .....	62
d) Nutrición del arroz .....	62
d.1) Nutrición a partir de las reservas de la semilla .....	63
d.2) Nutrición a partir de los elementos nutritivos extraídos del medio ambiente .....	63
e) Respiración .....	64
f) Asimilación del gas carbónico y fotosíntesis .....	64
f.1) El período de vegetación .....	65
f.2) La intensidad lumínica .....	65
IX.—PROYECTO Y PROGRAMACION DEL EXPERIMENTO .....	66
a) Elección del experimento y diseño empleado .....	66

b) Variables que se estudiaron .....	66
c) Elección de la parcela .....	67
d) Materiales .....	67
e) Técnica empleada en el experimento .....	67
X.—OBSERVACIONES HECHAS DURANTE EL EXPERIMENTO .....	70
a) Germinación .....	70
b) Desarrollo vegetativo .....	70
c) Resistencia al ataque de insectos y enfermedades ...	70
d) Floración y espigación .....	71
e) Resistencia al acame y al desgrane .....	71
f) Maduración .....	71
g) Efectos observados con el chaponeo .....	71
XI.—RESULTADOS NUMERICOS Y ANALISIS ESTADISTICO DE LOS MISMOS .....	72
INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS .....	80
CONCLUSIONES .....	82
XII.—RECOMENDACIONES .....	83
RESUMEN	
CUADROS:	
No. 1.—PRODUCCION ARROCERA EN PURIFICACION .....	10
No. 2.—RESULTADOS NUMERICOS .....	73
No. 3.—ANALISIS DE VARIACION .....	79
CROQUIS DEL DISEÑO	
EXPERIMENTAL .....	69
BIBLIOGRAFIA .....	87