

CAPÍTULO 4

Origen, taxonomía, anatomía y morfología de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.)

Victor Degiovanni
Luis Eduardo Berrío
Roger Enrique Charry

Contenido

	Página
Resumen	35
Abstract	36
Introducción	36
El cultivo del arroz en la historia	37
Arroz asiático	37
Arroz africano	38
Taxonomía del arroz	38
Tribu <i>Oryzae</i>	39
Género <i>Oryza</i>	40
Anatomía de la planta de arroz	43
Anatomía de las raíces	43
Anatomía de los entrenudos	44
Anatomía de las hojas	46
Anatomía de la panícula	48
Anatomía de la semilla	49
Morfología de la planta de arroz	50
Órganos vegetativos	50
Órganos reproductores	53
Referencias bibliográficas	58

Resumen

Se presenta información sobre el origen, el desarrollo, la taxonomía, la anatomía y la morfología del arroz. Partiendo de la literatura, se revisan y discuten aspectos históricos del origen de *Oryza sativa*. Aunque el cultivo del arroz data de tiempos prehistóricos, existen discrepancias entre especialistas en cuanto al origen y relación evolucionaria entre el género *Oryza* y otros géneros de la familia Gramíneas. Se explica en detalle la taxonomía de la especie, haciendo énfasis en la tribu *Oryzae* y sus dos subtribus (las oryzíneas y las

zizaníneas), en el género *Oryza* y sus diferentes secciones, y en los diferentes tipos de *O. sativa* (índica, japónica y javánica o bulú). Se describen e ilustran la anatomía de la raíz, de los entrenudos, de las hojas, de la panícula y de la semilla del arroz. Respecto a la morfología de esta gramínea anual, se describen e ilustran la forma y la estructura de sus principales órganos, que se agrupan en órganos vegetativos (raíz, tallo y hojas) y órganos reproductores (panícula, raquis, espiguilla, flor y semilla). Se destacan ciertas características de la planta, como sus tallos cilíndricos y huecos, constituidos por nudos y entrenudos; sus hojas de lámina plana y vainas largas; y su inflorescencia en panícula. La altura de la planta puede variar desde 0.4 m (variedades enanas) hasta 7.0 m (variedades flotantes). Finalmente se explica en detalle la germinación de la semilla de arroz.

Abstract

Origin, taxonomy, anatomy, and morphology of the rice plant (*Oryza sativa* L.)

Information is presented on the origin, development, taxonomy, anatomy, and morphology of rice. Historic aspects of the origin of *Oryza sativa* are examined and discussed based on an extensive literature review. Although rice cultivation dates back to prehistoric times, there are discrepancies regarding the origin of rice and the relationship between the genus *Oryza* and other grasses. The taxonomy of the species is detailed, focusing on the *Oryzae* tribe and its two subtribes (*Oryzinae* and *Zizaniinae*), the *Oryza* genus and its different sections, and the different types of *O. sativa* (*indica*, *japonica*, and *javanica* or *bulu*). The anatomy of the roots, internodes, leaves, panicle, and seed of the rice plant is also described and illustrated. Regarding the morphology of this annual grass, the form and structure of its main organs, which are grouped into vegetative organs (root, culm, leaves) and reproductive organs (panicle, rachis, spikelet, flower, seed), are described and illustrated. Distinctive characteristics are its hollow cylindrical culms formed by nodes and internodes, its flat leaf blades joined to the leaf sheath, an inflorescence called a panicle, and its plant height, which ranges from 0.4 m (dwarf varieties) to 7.0 m (floating varieties). The process of rice seed germination is also explained in detail.

Introducción

El arroz es una entidad vegetal de alta variabilidad genética, que está representada por muchas especies y miles de formas cultivadas. Todas son el resultado de los procesos naturales de evolución y de los continuos progresos que el hombre ha logrado en un material vegetal original sometiéndolo a múltiples cruces artificiales y a procesos biotecnológicos.

Esta gran variabilidad de formas hace muy difícil la definición de las características morfológicas generales de esta especie; no es posible, por tanto,

uniformar ese conocimiento ni entre los científicos encargados de diseñar y obtener nuevos tipos mejorados ni entre el personal que realiza las labores de producción del grano.

La especie *Oryza sativa* L., como tal, no suscita controversia, al parecer, respecto a su origen asiático (a diferencia de su ancestro silvestre); sin embargo, no hay todavía un acuerdo sobre un lugar más preciso de su origen, que sería el oriente de la antigua península de Indochina (hoy ocupada por Vietnam, Camboya y Laos) o el valle del río Yang-Tse Kiang, en China.

Las especies del género *Oryza* son numerosas y los taxónomos las han clasificado de diversa manera. Baillon (1894) dividió el género *Oryza* en cuatro secciones: *Euoryza*, *Padia*, *Potamophila* y *Malbrunia*. En 1931, R.Y. Roschevicz (citado por González, 1985) publicó los resultados de sus investigaciones sobre el género; basándose en las características de la espiga y de las glumas, abrió en él las cuatro secciones siguientes:

- La sección *sativa* Roschev, que abarca las especies cultivadas y la mayoría de las especies silvestres; unas y otras son, en su mayoría, anuales.
- La sección *granulata* Roschev, que se encuentra solamente en el sudeste de Asia y todas sus especies son perennes.
- La sección *coarctata* Roschev, que está distribuida en diferentes partes del mundo y cuyas especies son, casi todas, perennes.
- La sección *rhynchoryza* Roschev, cuyas especies tienen un tipo de planta diferente al de las especies de otras secciones.

En 1963, el Simposio Internacional sobre Genética y Citogenética del Arroz, reunido en Los Baños, Filipinas, admitió 19 especies de esa clasificación, que estaban claramente diferenciadas, y 6 cuya clasificación es aún incierta. Según Zhukovsky (1971) se aceptan 28 especies en el género *Oryza*, casi todas descritas; no obstante, Vaughan (1994) describe 22.

Dos especies de arroz se cultivan actualmente: *Oryza sativa* L., que es de origen asiático, y *Oryza glaberrima* Steud., de origen africano. La expansión del cultivo se debe a la primera especie; la segunda sólo se encuentra en el oeste de África (Angladette, 1969).

El cultivo del arroz en la historia

Es difícil establecer con exactitud la época en que se inició el cultivo del arroz. La literatura china menciona el arroz 3000 años antes de Cristo (AC), cuando se consideraba su siembra como una ceremonia religiosa importante, reservada al emperador. El primer cultivo de arroz se le atribuye al emperador Shen-Nung, quien ha sido considerado el padre de la agricultura y la medicina de su pueblo. Otros textos mencionan el arroz como el más importante de cinco cultivos en la alimentación de los chinos. En el valle del Yang-Tse Kiang se han encontrado restos de arroz que datan de 3000 a 4000 años AC (Angladette, 1969).

Arroz asiático

El arroz pudo haberse cultivado en otras épocas y pudo originarse en algún sitio diferente de China. Varios autores aceptan que *Oryza sativa* L. procede del sudeste de Asia, de una región cercana a la parte sur de India, o sea, de la antigua Cochinchina (región meridional de la península de Indochina), donde las condiciones ambientales son favorables para este cultivo y hay gran cantidad de especies silvestres del género *Oryza*. Roschevicz, citado por Angladette, cree que el lugar de origen de *Oryza sativa* L. es el sudeste asiático, principalmente cerca de India o de la península de Indochina (ocupada actualmente por Vietnam, Camboya y Laos), donde *Oryza fatua* König, un antepasado directo de *Oryza sativa*, se encuentra en estado silvestre (González, 1985).

De Candolle, en sus escritos sobre el origen de las plantas cultivadas, y Watt, en su diccionario de los productos económicos de la India, opinan también que *Oryza sativa* L. fue cultivada originalmente en India, más exactamente al sur de este subcontinente, donde hay

condiciones muy favorables para su cultivo. La literatura hindú (cuyas obras datan de 1300 y 1000 AC) describe ya con precisión algunas prácticas de cultivo, como el trasplante, y hace una clasificación del arroz según sus características agronómicas y alimenticias.

Se admite que el arroz se propagó desde el sudeste asiático y el sur de India hasta China, en una época aún no establecida pero que se calcula transcurrió más de 3000 años AC. Este cereal fue llevado de China a Corea y de este país, o desde China, fue introducido en Japón, al parecer en el siglo I AC (Cheaney, 1974). Roschewicz señala que ha sido quizás en Japón donde el cultivo del arroz se expandió más hacia el norte, ya que llegó a la región de Hokkaido, la isla más septentrional del archipiélago japonés. Antes del siglo XI de nuestra era ya existía el primer ideograma representativo del arroz.

Se cree que, desde China, el arroz llegó a Filipinas, donde fue cultivado 2000 años AC y aun antes. Se cree también que pasó del sur de India a Indonesia y de allí entró en Ceilán (hoy Sri Lanka). Más tarde, el arroz llegó a Asia occidental y a la cuenca del Mediterráneo, quizás bajo el imperio persa, y fue sembrado en Mesopotamia, a orillas del río Eufrates, y en Siria. Alejandro Magno invadió Persia y una porción de India en 320 AC y los griegos lo introdujeron luego en sus campos. Es posible que lo hayan conocido antes de la invasión de Alejandro Magno, por los contactos que habían hecho con viajeros árabes que visitaban la costa occidental de la India (González, 1985).

Los árabes fueron muy eficientes en expandir el cultivo del arroz. En el siglo IV AC lo introdujeron en Egipto, y entre el siglo VIII y el X llevaron el arroz

asiático de grano largo a África oriental, al noreste de Madagascar, luego a Marruecos y poco después a España cuando invadieron la península ibérica (Angladette, 1969). Gracias a las colonias portuguesas, holandesas y españolas de África, las variedades asiáticas de arroz llegaron al continente africano (González, 1985).

¿De dónde vino y cuándo llegó el arroz al hemisferio occidental? No hay aún una respuesta exacta. Algunos autores afirman que Cristóbal Colón, en su segundo viaje en 1493, trajo semillas de arroz al Nuevo Mundo, pero no germinaron (Cheaney, 1974). El historiador Simón, citado por Jennings (1961), afirma que en el valle del río Magdalena, en Colombia, hubo siembras de arroz en 1580 (González, 1985).

A finales del siglo XVII, los holandeses y los portugueses introdujeron el arroz en América del Norte, más exactamente en la colonia de Carolina. Un barco procedente de Madagascar fue dañado por una tempestad y tocó puerto en Charleston; allí dejó 40 libras de semilla en 1685 (Cheaney, 1974).

Arroz africano

La otra especie cultivada, *Oryza glaberrima* Steud., es originaria del oeste de África, posiblemente del delta central del Río Níger. Se dispersó solamente alrededor de su lugar de origen (Angladette, 1969). La Figura 1 muestra las posibles rutas colonizadoras del cultivo del arroz (Cheaney, 1974; González, 1985).

Taxonomía del arroz

El arroz pertenece a las Fanerógamas, tipo Espermatofitas, subtipo Angiospermas, clase Monocotiledóneas, orden Glumifloras, familia Gramíneas,



Figura 1. Movimiento del arroz en el mundo desde su punto de origen (Cheaney, 1974; González, 1985).

subfamilia Panicoideas, tribu Oryzae, subtribu oryzíneas, género *Oryza* (Angladette, 1969; González, 1985; Porter, 1959).

Tribu Oryzae

Se caracteriza por las espiguillas en panícula, unas veces uniflorales y con frecuencia carentes de glumas, o bien con dos o tres flores, de las cuales las dos inferiores poseen una sola pieza, la glumela, y la terminal es la única fértil. Los estambres son generalmente seis, aunque a veces son menos y en ciertos casos se reducen a uno. Según Prodoehl y Bewo, citados por Angladette (1969), esta tribu comprende dos subtribus: las oryzíneas y las zizaníneas, a las cuales pertenecen cuatro géneros diferenciados por sus características sexuales y por la presencia o ausencia de glumas.¹

1. Adaptado de Angladette (1969) y González (1985).

Subtribu orizíneas

Tiene espiguillas bisexuales. Comprende tres géneros: *Oryza*, *Leercia* e *Hygroryza*.

- El género *Oryza* posee glumas, generalmente rudimentarias pero bien visibles; tiene espiguillas comprimidas lateralmente, aristadas o míticas. La carióspside está estrechamente encerrada por las glumas endurecidas.
- El género *Leercia* no posee glumas; sus espiguillas descansan en pedúnculos muy cortos, son míticas, muy comprimidas lateralmente, y bastante parecidas a las del género *Oryza*, pero más pequeñas (de 3 a 4 mm).
- El género *Hygroryza* no posee glumas; las espiguillas descansan en pedúnculos de longitud variable, son solitarias o poco numerosas, lanceoladas, y tienen glumelas papiráceas.

Subtribu zizaníneas

Comprende el género *Zyzania*, que posee espiguillas unisexuales e inflorescencia

en panícula estrecha con numerosas ramas suberectas; sin glumas pero con glumelas membranosas, estrechas y oblongas, la inferior de las cuales se prolonga por una larga arista de 8 a 10 mm en la espiguilla macho y de 15 a 20 mm en las espiguillas hembra.

Género *Oryza*

Las distintas especies del género *Oryza*, a excepción de la especie *O. sativa* L., no llamaron la atención de los botánicos hasta hace 2 siglos. Estas especies son numerosas y han sido clasificadas de diversa manera por los taxónomos investigadores.

Secciones

En la Introducción de este capítulo se presentaron las secciones en que fue dividido el género. De las 22 especies que actualmente pertenecen al género *Oryza*, la mayoría se presentan en el Cuadro 1 (Vaughan, 1994). Es posible que se descubran especies nuevas de este género y que los estudios de morfología, anatomía y citogenética permitan su reagrupación o señalen la conveniencia de desmembrar las seis especies cuya validez, según el simposio de 1963, es aún incierta.

En las especies del género *Oryza*, el número base de cromosomas es 12; a partir de este número, y por transploidización, se habría formado una serie de poliploides. Por tal razón, las especies del género *Oryza*, cuyo número cromosómico sea 24, pueden considerarse tetraploides, y aquellas en que ese número sea 48 serían octoploides.

Tipos de *O. sativa*

En la especie *Oryza sativa* L. se consideran tres grupos o tipos de arroz: indica, japónica y javánica o bulú. Su

origen estaría en la selección hecha, bajo diferentes ambientes, del arroz silvestre en los procesos de domesticación (Chandler, 1979). El tipo indica y el tipo japónica fueron considerados subespecies de *Oryza sativa*, pero actualmente son razas ecogeográficas.

- Las variedades tradicionales de **tipo indica** que se cultivan en los trópicos tienen las siguientes características: mayor altura que otras variedades, macollamiento denso, hojas largas e inclinadas de color verde pálido, y grano de mediano a largo. Estos granos tienen un contenido de amilosa entre medio y alto que les da un aspecto seco y blando, y los hace poco aptos para desintegrarse en la cocción. Los trabajos de mejoramiento han producido variedades de arroz de tipo indica que tienen estatura corta, macollamiento abundante y respuesta al nitrógeno, y que dan un rendimiento tan alto como las de tipo japónica.
- Las variedades de **tipo japónica** tienen hojas erectas de color verde intenso y una capacidad de macollamiento menor que la de las variedades de tipo indica; tienen mayor respuesta al nitrógeno (medida en rendimiento) que éstas, son insensibles al fotoperíodo y toleran las bajas temperaturas. Sus granos son cortos y anchos y su contenido de amilosa, que es bajo, los hace pegajosos y con tendencia a desintegrarse en la cocción.
- Las variedades de tipo **javánica o bulú** son morfológicamente similares a las del tipo japónica, pero sus hojas son más anchas y pubescentes, emiten pocas macollas, y la planta es fuerte y rígida. Estas variedades son insensibles al fotoperíodo y sus granos son aristados.

Cuadro 1. Especies del género *Oryza* y sus principales sinónimos, números cromosómicos, grupos genómicos y usos potenciales.

Sección ^a	Especies del complejo	Otros nombres que se hallan en la literatura	Número cromosómico	Grupo genómico	Caracteres útiles o potencialmente útiles
<i>Oryza</i>	Complejo de <i>O. sativa</i>				
	<i>O. sativa</i> L.		24	AA	Cultigen
	<i>O. nivara</i> Sharma et Shastry	<i>O. rufipogon</i> (hábito anual)	24	AA	Resistencia parcial a la pudrición del tallo (Rutger et al., 1987)
	<i>O. rufipogon</i> Griff. ^b	<i>O. perennis</i> , <i>O. rufipogon</i> (hábito perenne)	24	AA	Tolerancia de la mancha de la vaina (Bastawesi, 1985)
	<i>O. glaberrima</i> Steud.		24	AA	Cultigen
	<i>O. barthii</i> A. Chev.	<i>O. breviligulata</i>	24	AA	Resistencia al saltahoja verde (Heinrichs et al., 1985)
	<i>O. longistaminata</i> Chev. et Roehr.	<i>O. barthii</i>	24	AA	Resistencia al añublo bacteriano (Khush et al., 1990)
	<i>O. meridionalis</i> Ng		24	AA	Evasión de la sequía
	Complejo de <i>O. officinalis</i>	También llamado complejo o grupo de <i>O. latifolia</i>			
	<i>O. officinalis</i> Wall. ex Watt. ^c	<i>O. minuta</i>	24	CC	Resistencia a los trips (Nugaliyadde y Heinrichs, 1984)
	<i>O. minuta</i> Presl. et Presl.	<i>O. officinalis</i>	48	BBCC	Resistencia al añublo de la vaina (IRRI, 1991b)
	<i>O. rhizomatis</i> Vaughan		24	CC	Rizomatosa
	<i>O. eichingeri</i> Peter		24	CC	No se infecta con el moteado amarillo (Ou, 1985)
	<i>O. punctata</i> Kotschy ex Steud.	<i>O. schweinfurthiana</i> , para la forma tetraploide	24, 48	BB, BBCC	Resistencia al saltahoja en zigzag (Heinrichs et al., 1985)
	<i>O. latifolia</i> Desv.		48	CCDD	Resistencia a tres biotipos del saltahoja marrón (Heinrichs et al., 1985)
<i>O. alta</i> Swallen		48	CCDD	Resistencia al barrenador del arroz (IRRI, 1991b)	
<i>O. grandiglumis</i> (Doell) Prod.		48	CCDD	Tipo de planta grande	
<i>O. australiensis</i> Domin		24	EE	Rizomatosa	

(Continúa)

Cuadro 1. (Continuación.)

Sección ^a	Especies del complejo	Otros nombres que se hallan en la literatura	Número cromosómico	Grupo genómico	Caracteres útiles o potencialmente útiles
Ridleyanae Tateoka ^d	<i>O. brachyantha</i> Chev. et Roehr.		24	FF	Resistencia al gusano del cogollo (Heinrichs et al., 1985)
	<i>O. schlechteri</i> Pilger		48	Desconocido	Estolonífera
	Complejo de <i>O. ridleyi</i>		48	Desconocido	Resistencia al barrenador del tallo (Van y Guan, 1959)
	<i>O. ridleyi</i> Hook. f.		48	Desconocido	Tolerancia del sombreado
Granulata Roschev.	Complejo <i>O. meyeriana</i>				
	<i>O. meyeriana</i> (Zoll. et Mor. ex Steud.) Baill. ^c		24	Desconocido	Tolerancia del sombreado
	<i>O. granulata</i> Nees et Arn. ex Watt.		24	Desconocido	Tolerancia del sombreado

- a. Se han empleado los nombres de las secciones según el Código Internacional de Nomenclatura Botánica (Lanjouw, 1966). La asignación de las especies a las secciones se hizo de conformidad con los puntos de vista de Roschevitz (1931) y Tateoka (1964).
- b. Algunas de las poblaciones de arroz silvestre de genoma AA de América Latina se distinguen bastante (Tateoka, 1962b; Oka, 1988), lo que sugiere que se han aislado mucho tiempo de las poblaciones asiáticas de *O. rufipogon*. Se ha usado el nombre *O. glumaepatula* Steud. para las poblaciones latinoamericanas de *O. rufipogon*. No obstante, las observaciones de varios autores (por ejemplo, Tateoka, 1962b) sugieren la existencia de formas intermedias entre las formas que se distinguen por sus espiguillas grandes y las poblaciones que no son distinguibles de *O. rufipogon*. Puesto que no se han encontrado caracteres buenos y decisivos que puedan diferenciar a *O. rufipogon* de *O. glumaepatula*, no se ha utilizado este último nombre en este cuadro.
- c. La especie *malampuzhaensis* Krishnaswamy et Chandrasakharan está restringida a unas pocas poblaciones de Kerala y de lugares adyacentes de Tamil Nadu, en India. Es posible hallarla cerca de poblaciones de *O. officinalis*. Algunos autores consideran que *O. malampuzhaensis* es sólo una raza cromosómica.
- d. La sección *Ridleyanae* se llamó anteriormente sección *Coarctata* Roschev. hasta que *Oryza coarctata* se reclasificó en *Porteresia*, un género aparte.
- e. La especie *O. indandamanica* Ellis se ha reportado solamente en una población de las Islas Andamán, en la India. Partiendo de la información disponible actualmente (por ejemplo, en Khush y Jena, 1989), esta diminuta variante del complejo *O. meyeriana* merece ser considerada solamente como entidad intraespecífica. No se dan características claras y decisivas en la descripción original para poder diferenciarla tanto de *O. granulata* como de *O. meyeriana*. En este cuadro el taxón es una variante de *O. granulata*.

Traducido de Vaughan, 1994.

Anatomía de la planta de arroz

Anatomía de las raíces

La anatomía de las raíces del arroz es similar a la de las plantas acuáticas, aunque difiere de ellas en los pelos absorbentes que posee en abundancia. Consta de seis diferentes estructuras (Figura 2), que se explican enseguida:

- **Epidermis.** Es la capa de células más externa, y en ella se inician los

pelos absorbentes, que tienen vida corta y desaparecen.

- **Exodermis.** Es la estructura más exterior de la corteza, y consta de una o varias capas de células. Actúa como tejido de protección y sus células contienen corcho en las paredes.
- **Esclerénquima.** Esta estructura se encuentra debajo de la exodermis; su función es proteger la raíz cuando desaparezcan las dos capas anteriores. Está formada por capas de células cuyas paredes gruesas impiden el paso del agua hacia dentro o hacia fuera de la raíz.

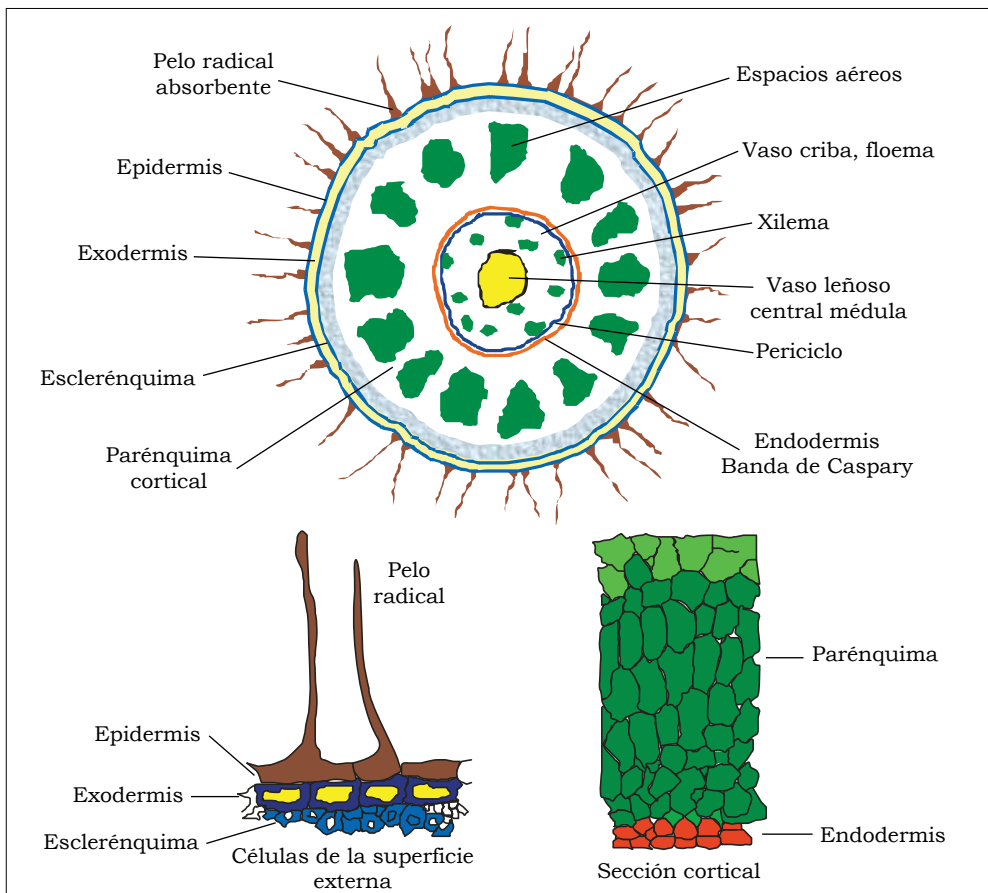


Figura 2. Corte transversal de una raíz de arroz.

FUENTES: Vasconcellos (1963); González (1985); Charry (2007).

- **Parénquima cortical.** Está constituido por células cuyo protoplasma vivo y nucleado les permite intervenir en las actividades metabólicas de la planta. Esas células varían en tamaño, en forma y en el espesor de sus paredes. El tejido del parénquima tiene espacios intercelulares grandes.

La parte central de este tejido cortical ocupa el mayor volumen; se compone de varias capas y forma una unidad compacta que, cuando la raíz es joven, contiene agua; en cuanto crece la planta, las capas pierden agua, se separan y crean espacios aéreos o cámaras de aire, típicas de las plantas que se desarrollan en suelos inundados. Estas cámaras tienen una función importante en la respiración de las raíces (función relacionada con el término 'parénquima').

- **Cilindro vascular.** Esta estructura consta de tejidos vasculares que conectan el tallo con las raíces, y se organizan junto con otros componentes:²
 - **Endodermis:** Es un conjunto de células alargadas que forman la banda de Caspary, cuyas paredes se vuelven más gruesas en las raíces ya desarrolladas.
 - **Periciclo o parénquima medular:** Es un tejido delgado que forma la estela que es un sistema formado por los tejidos vasculares en el eje (raíz y tallo) de las plantas. El periciclo es la parte externa del cilindro vascular localizada entre él y la endodermis.
 - **Floema:** Es el principal tejido conductor de nutrientes elaborados por las plantas

vasculares. Está compuesto por elementos llamados *criba*, que son series longitudinales de células denominadas 'miembros de tubos cribosos', que se conectan entre sí por medio de placas cribosas simples o compuestas, células de parénquima, células de fibra y células escleroideas. Estas últimas pueden tener cloroplastos y leucoplastos, pero no forman almidón; se especializan en realizar las funciones nucleares de los elementos cribosos y mueren cuando éstos dejan de ser funcionales.

- **Xilema:** Es el tejido conductor de agua; sus elementos tienen forma de tráquea.
 - **Médula:** Conjunto de células que se desarrollan cuando aún no se ha formado el xilema.
- **Cofia.** Masa de células en forma de dedal, que cubre el meristemo apical de la raíz; sirve de capa protectora de ese meristemo y ayuda a la raíz a penetrar en el suelo.

Anatomía de los entrenudos

En un entrenudo se encuentran las siguientes estructuras (Figura 3,A):

- **Epidermis.** Esta estructura es una capa de células de paredes gruesas que cumplen las siguientes funciones: restricción de la transpiración, protección mecánica, intercambio gaseoso a través de los estomas, y almacenamiento de agua y de productos del metabolismo. Sus células son de diverso tipo (Figura 3,B):
 - **Células guarda:** Abren o cierran la apertura de los estomas.
 - **Tricomas:** Son crecimientos de las células de la epidermis hacia afuera, como una vellosidad; varían en tamaño.

2. Adaptado de Chang (1964); Chang y Loresto [1968]; González (1985).

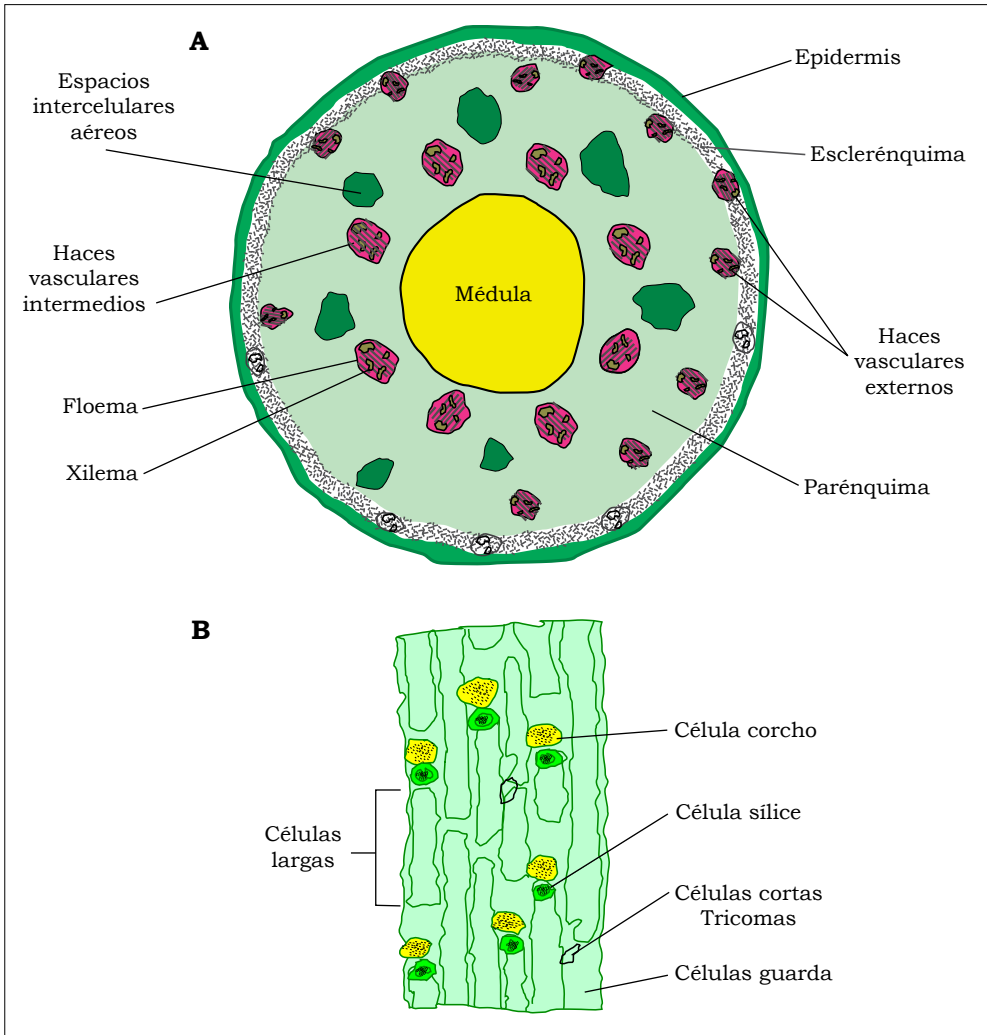


Figura 3. (A) Corte transversal de un entrenudo maduro y (B) de su epidermis. (Adaptada de González, 1985.)

- **Células cortas:** Son células vivas de dos clases: *células de sílice*, que pierden su protoplasma al madurar y se van llenando de cristales de sílice (SiO_2 , dióxido de silicio), y *células de corcho*, que suberizan sus paredes y se hacen así impermeables al agua.
- **Células largas:** Son células onduladas, de tipo epidérmico, de paredes delgadas.

- **Esclerénquima.** Es un conjunto de células de paredes delgadas, generalmente lignificadas, que sirven para darle resistencia a la planta. Estas células forman varias capas que protegen la planta contra fuerzas que intenten doblarla, oprimirla con un peso o someterla a presión. Están interconectadas y forman bandas delgadas que se extienden hacia la panícula.

- **Parénquima.** Son células vivas, de paredes delgadas en forma de poliedro; intervienen en las actividades metabólicas de la planta.
- **Espacios intercelulares lisígenos.** Están en el parénquima y dan lugar a un tejido lisígeno formado por células de forma estrellada o lobuladas; dejan espacios intercelulares muy grandes llamados lagunas o cámaras que, en los nudos más bajos, conectan los entrenudos adyacentes y crean pasos de aire, los cuales llegan a las raíces desde la parte del tallo que crece fuera de la tierra. Este tejido se llama también aerénquima.
- **Haces vasculares.** Están rodeados por una vaina o lámina de células de esclerénquima. Son de cuatro tipos:
 - **Floema:** Consta de tres elementos: los *vasos cribados*, que son células longitudinales aptas para conducir materiales alimenticios; las *células de parénquima*, que sirven para almacenar o trasladar alimentos; y las fibras que dan soporte a las anteriores.
 - **Xilema:** Consta de elementos en forma de tráquea (ver antes) que sirven para conducir agua.
 - **Fibras de parénquima:** Son células que sirven de soporte y también para almacenar y trasladar alimentos.
 - **Fibras de esclerénquima:** Son células alargadas, ahusadas, de paredes delgadas, que tienen una pared secundaria con lignina (a veces sin ella) para brindar soporte al haz vascular.
- **Meristemo intercalar.** Es un tejido derivado del meristemo apical que, localizado en la axila que forma el nudo con la hoja, conserva su función meristemática a cierta distancia del meristemo apical.

- **Médula.** Es el tejido central del entrenudo que se ahueca o desaparece, creando un canal cuando el entrenudo madura.

Anatomía de las hojas

Hay que diferenciar dos partes en la hoja del arroz: la **vaina** y la **lámina**. La vaina se caracteriza por las lagunas aeríferas que tiene en el mesófilo, cuya importancia aumenta a mayor altitud del sitio de cultivo. Tiene haces vasculares que se disponen en dos círculos concéntricos, uno de haces pequeños exteriores y otro de haces grandes interiores que alternan con los primeros.

Estructuras de la vaina

Un corte transversal de la vaina revela cuatro estructuras:

- **Epidermis.** Protege los tejidos de una pérdida excesiva de agua y da protección mecánica a la hoja. Sus células exteriores, que contienen celulosa, conforman la cutícula. Su diferencia principal con la epidermis de la lámina es que carece de células motrices (Figura 4,A). Está constituida por dos tipos de células epidérmicas: las células largas y las células cortas:
 - **Células largas:** Son de forma larga y ondulada y se caracterizan por presentar cutícula en la pared externa.
 - **Células cortas:** Son las células de sílice, los tricomas y las células guarda que rodean y encierran los estomas.
- **Fibras.** Es un conjunto de células en forma de U (o en forma de barra), adyacentes a los haces vasculares, cerca de la epidermis abaxial de la vaina; se extienden en bandas irregulares.

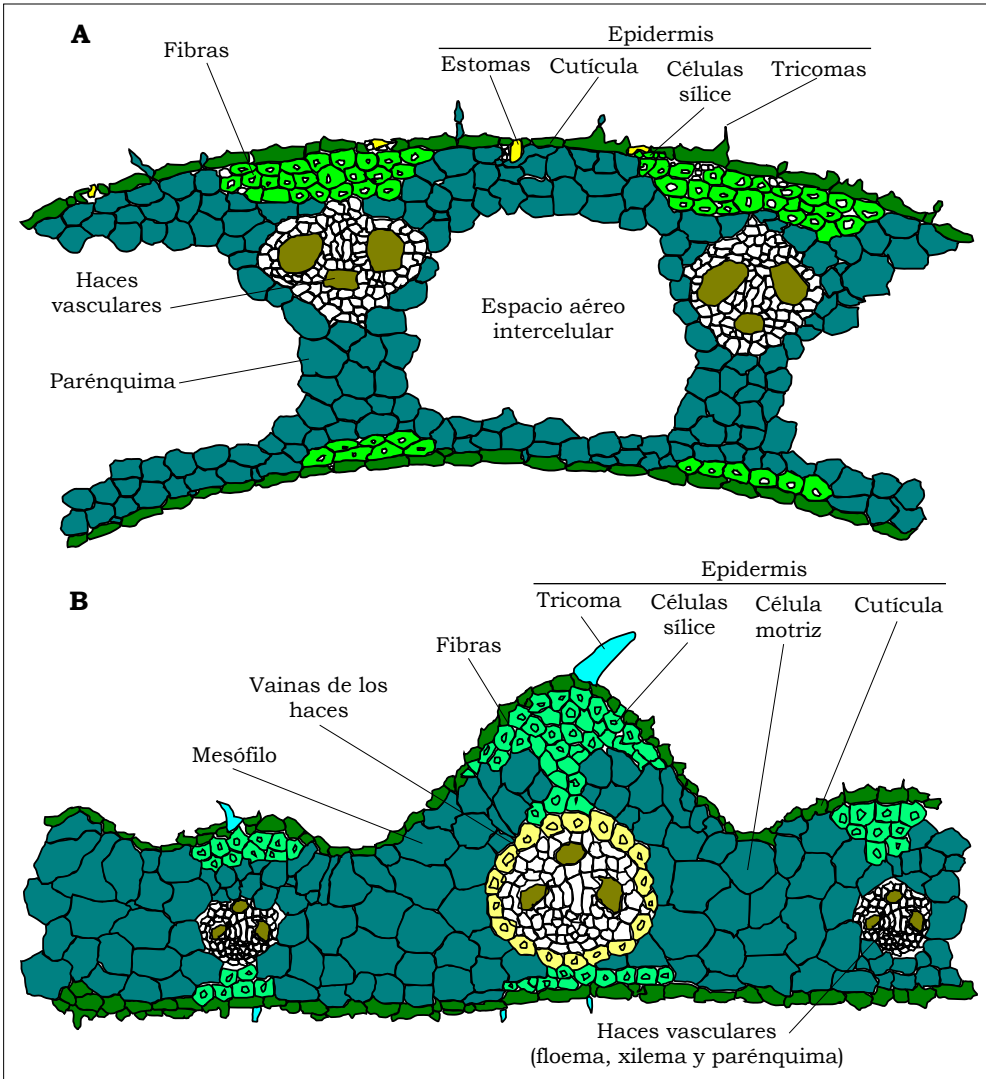


Figura 4. (A) Corte transversal de la vaina y (B) de la lámina de la hoja de arroz.

- **Parénquima.** Su parte **exterior** (parénquima externo) consta de tres o cuatro capas de células que contienen cloroplastos y que están conectadas con los haces vasculares. Su parte **interior** (parénquima interno) consta de células sin cloroplastos y con grandes espacios intercelulares, que se van convirtiendo en lagunas aeríferas; con frecuencia se

encuentran gránulos de almidón en estas células.

- **Haces vasculares.** Son de dos tipos: floema y xilema.
 - **Floema:** Es el tejido conductor encargado del transporte de nutrientes orgánicos, principalmente azúcares.
 - **Xilema:** Es un tejido leñoso cuya función es el transporte de la

savia (bruta) desde la raíz hacia la parte aérea de la planta.

- **Parénquima del floema:** Es un tejido vegetal constituido por células de forma esférica, que se considera fundamental en la planta. Participa en la carga y descarga de azúcares, almacena almidón, grasas y cristales.
- **Vaina de los haces:** Es una capa de células que rodea y encierra un grupo de vasos del floema y xilema; consta de tejido de parénquima o de esclerénquima.

Estructuras de la lámina

En el corte transversal de una lámina foliar se aprecian cinco estructuras:

- **Epidermis.** Está constituida por varios tipos de células: las células **largas**; las células **cortas**, que son células de sílice, células de corcho, tricomas o pelos, papilas y células guarda de los estomas; y las células **motrices**, que son células epidérmicas agrandadas y ordenadas en surcos longitudinales de células similares, cuya función es enrollar y desenrollar la lámina foliar (Figura 4,B).
La función de la epidermis laminar es doble: protege los demás tejidos de la hoja contra la pérdida excesiva de agua, y da protección mecánica a la hoja mediante la cutícula, cuyas células contienen celulosa.
- **Mesófilo.** Es una estructura compuesta por el tejido de parénquima fotosintetizador de la hoja. Se localiza entre dos capas epidérmicas, tiene lagunas aeríferas y sus células de parénquima no se diferencian en células en empalizada y células en esponja. Presenta, debajo de las capas epidérmicas, surcos de células dispuestas de manera más regular que las del resto del mesófilo.

- **Haces vasculares.** Son el floema y el xilema y los acompaña el parénquima del floema (ver antes). El conjunto de haces vasculares está envuelto por una capa de células de parénquima o de esclerénquima y por células suberizadas.
- **Fibras.** Es un conjunto de células en forma de U (o en forma de barra), adyacentes a los haces vasculares; forman bandas irregulares situadas en la epidermis abaxial y en la adaxial de la lámina.
- **Nervadura central.** Es una hilera doble de haces vasculares, una en el haz y la otra en el envés de la hoja, que está situada entre los dos parénquimas; contiene lagunas aeríferas.

Anatomía de la panícula

La panícula soporta las estructuras reproductivas de la planta y desarrolla actividad fotosintética. Tiene un eje principal que hacia la base de la panícula la conecta con el tallo, y hacia el otro extremo se prolonga en el raquis, el cual posee nudos y ramas primarias y secundarias. La panícula consta además de las siguientes partes (Figura 5):

- **Epidermis.** Es semejante a la de los nudos y a la del tallo.
- **Hipodermis.** Consta de capas de células de parénquima que se extienden debajo de la epidermis; corresponde a la exodermis de las raíces. Las células de la capa exterior tienen clorofila y las de la capa interior carecen de ella.
- **Haces vasculares externos.** Separan los parénquimas (interno y externo) y se diferencian de los haces vasculares internos.
- **Canal medular.** Contiene la médula como continuación del tallo.

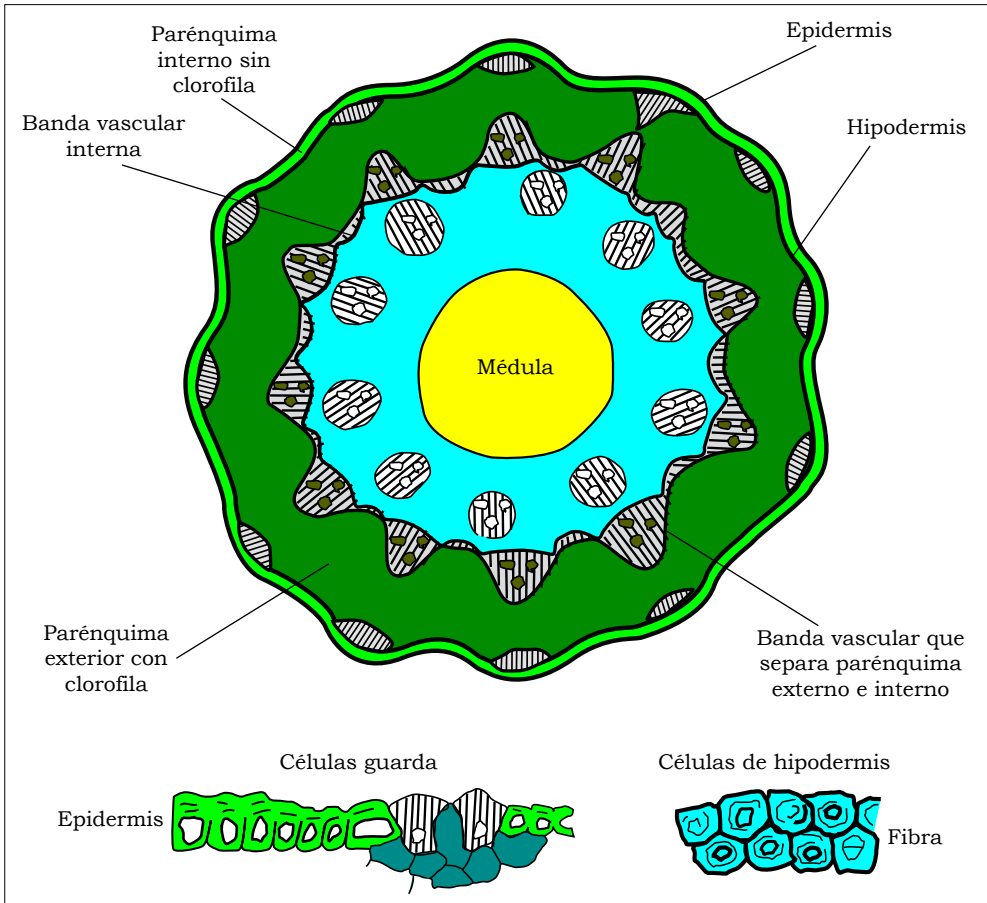


Figura 5. Corte transversal del eje (axis) de la panícula del arroz.

Anatomía de la semilla

El fruto del arroz es una cariópside, que consta de endospermo y de varias capas exteriores de células: la aleurona, el tegumento y el pericarpio. Ésta última consta de tres capas finas: mesocarpio, endocarpio y exocarpio. En ese fruto, el embrión de la semilla está adherido por un lado a la pared del ovario maduro o pericarpio (ver Figura 14); el otro lado está rodeado por el endospermo. La semilla como tal consta entonces de embrión y de endospermo.

El grano maduro tiene, además, glumas y se une al raquis por el pedicelo.

Enseguida se describen las estructuras asociadas al grano:

- **Gluma o cáscara.** Es la cubierta exterior del grano y tiene varias estructuras:
 - **Lemma fértil, pálea y arista:** La arista no siempre está presente.
 - **Lemmas estériles:** Son dos, situadas a cada lado del fruto, sobre la raquilla.
 - **Raquilla:** Es un tejido conectivo que une el pedicelo con la semilla.
- **Pericarpio.** Es un tejido de consistencia fibrosa al que siguen,

hacia adentro, el mesocarpio y la capa de células entrecruzadas.

- **Tegumento y aleurona.** Son dos tejidos que se encuentran después del pericarpio y constituyen la cubierta interior de la semilla.

Morfología de la planta de arroz

El conocimiento de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.) y, en particular, de su morfología, es básico en la investigación porque en él se basan tanto la diferenciación de las variedades como los estudios de fisiología y de mejoramiento. Se describirán aquí la forma y la estructura de los principales órganos de la planta, tanto vegetativos (raíz, tallo, hojas) como reproductores (flor y semilla). En esta gramínea anual se destacan los tallos (clíndricos y huecos, con nudos y entrenudos), las hojas de lámina plana y angosta, unidas al tallo mediante vainas, y la inflorescencia en panícula. La planta puede medir desde 0.4 m (variedad enana) hasta 7 m (variedad flotante).

Órganos vegetativos

Raíz

Durante su desarrollo, la planta de arroz emite dos clases de raíces: las seminales (o temporales) y las adventicias (o permanentes). Se denominan también primarias y secundarias, respectivamente.

Las raíces **seminales** son poco ramificadas, viven un corto tiempo después de la germinación, y son reemplazadas por las raíces adventicias.

Las raíces **adventicias** brotan de los nudos subterráneos de los tallos jóvenes; en el arroz flotante brotan de los nudos del tallo que está sumergido en el agua y, en algunos casos, también de los nudos

aéreos. En los primeros estadios de su crecimiento, son blancas, poco ramificadas y relativamente gruesas; en la medida en que la planta crece, las raíces se alargan, se adelgazan, se vuelven flácidas y se ramifican en abundancia.

Cuando ya están maduras, las raíces adventicias son fibrosas, emiten raíces secundarias y éstas producen pelos radicales. Es frecuente que estas raíces formen verticilos en los nudos que están sobre la superficie del suelo.

Las *puntas* de las raíces están protegidas por una masa de células semejante a un dedal, llamada coleoriza; su función es facilitar la penetración de la raíz en el suelo.

La forma en que crecen y se desarrollan las raíces del arroz es una característica varietal, que es influida por la naturaleza del medio de cultivo y por el nivel de fertilización. La *longitud* de las raíces decrece cuando se incrementa el nivel de nitrógeno en el medio de cultivo; cuando hay, en cambio, poco nitrógeno en el medio, las variedades de baja respuesta al nitrógeno tienen raíces más largas que las de alta respuesta a ese nutriente.

En los suelos inundados, la parte externa de las raíces activas se torna de *color* crema que llega hasta el amarillo rojizo; este color se debe a los compuestos férricos que precipitan en su superficie. En los suelos aireados, las raíces mantienen su color blanco. Las raíces del arroz pueden tomar un color negro cuando crecen en suelos cuyo contenido de compuestos sulfurosos es alto.

Tallo

El tallo del arroz consta de una sucesión alterna de nudos y entrenudos (Figura 6).

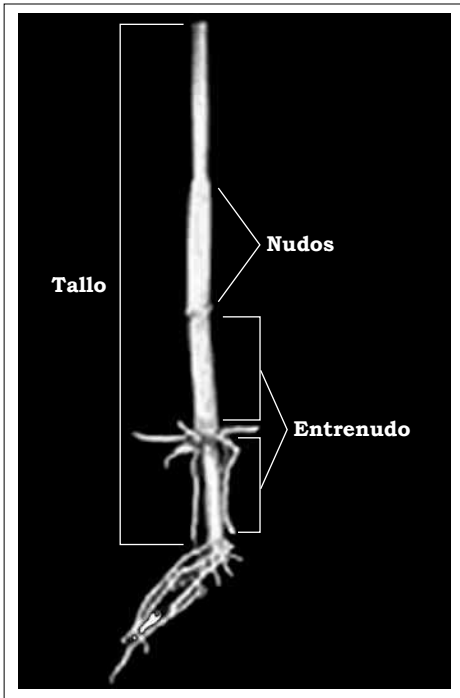


Figura 6. Tallo de una planta joven de arroz.

En cada nudo (o región nodal) se forman una hoja y una yema; esta última puede desarrollarse dando lugar a un hijo o macolla. De la yema que se encuentra en el nudo que da origen a la hoja principal, justo entre el nudo y la base de la vaina de dicha hoja, se forma la macolla característica de la especie *Oryza sativa*.

Los hijos primarios emergen sucesivamente del primero, del segundo y de los demás nudos que siguen al nudo principal del tallo antes descrito. Los hijos secundarios nacen del segundo nudo de cada hijo primario, y los hijos terciarios del segundo nudo de cada hijo secundario (Figura 7).

El *ángulo* que forman los hijos secundarios y los terciarios respecto al eje del tallo principal da lugar a los siguientes tipos de ramificación:

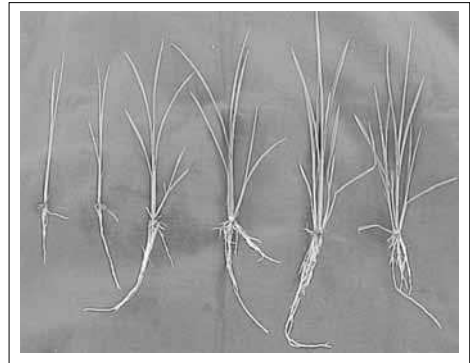


Figura 7. Macollamiento primario y secundario.

- Erecta, con un ángulo menor que 30° .
- Abierta, con un ángulo cercano a los 60° .
- Dispersa, con un ángulo mayor que 60° .
- Procumbente, con un ángulo de 90° ; por tanto, un hijo formado en nudos inferiores del tallo principal tiende a yacer sobre la superficie del agua o del suelo.

El número *total de hijos* por planta es una característica varietal, que puede variar según el sistema de cultivo y el medio ambiente. Cuando el campo de arroz tiene poca densidad de plantas, la mayoría de los procesos de crecimiento se ajustan a una curva de tipo común; esta curva desciende después del máximo macollamiento porque han muerto algunos de los hijos, pero luego sigue paralela al eje de las abscisas, representando así a los hijos fértiles o válidos.

Hoja

Las hojas de la planta de arroz se distribuyen en forma alterna a un lado y a otro a lo largo del tallo. La primera hoja que aparezca en un nudo basal del tallo principal (o de alguno de los hijos) se denomina **prófilo** (Figura 8), el cual no tiene lámina y está constituido por dos brácteas aquilladas. Los bordes del

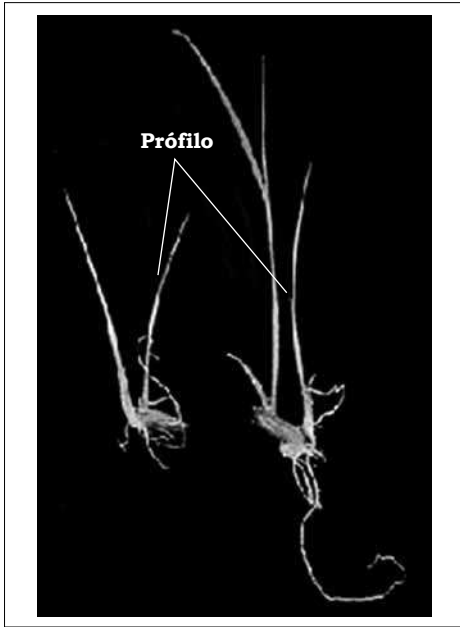


Figura 8. Prófilo o primera hoja basal del arroz.

prófilo se adhieren al dorso de los hijos jóvenes para asegurarlos al tallo.

En cada nudo, con excepción del nudo de la panícula, se desarrolla una hoja. La última hoja que nace en el tallo se encuentra debajo de la panícula, y es conocida como la **hoja bandera**.

Partes de la hoja. En una hoja completa se distinguen tres partes principales: la vaina, el cuello y la lámina.

La **vaina**, o base de la hoja, sale de un nudo y envuelve el entrenudo inmediatamente superior llegando, en algunos casos, hasta el nudo siguiente. Está dividida desde su base por una nervadura central y finamente surcada por haces vasculares. Es generalmente glabra y puede tener pigmentos de antocianinas en su base o en sectores de la superficie (en haz y en envés).

El **pulvínulo** de la vaina es una protuberancia situada más arriba del punto de unión de la vaina con el tallo; en ciertos casos, un observador lo puede confundir con el nudo.

El **cuello** es la unión de la vaina y la lámina; en él se encuentran la ligula y las aurículas:

- La **ligula** es una estructura triangular apergamada o membranosa, situada en el interior del cuello y contigua a la vaina, que difiere en tamaño, color y forma, según la variedad de arroz.
- Las **aurículas** son dos apéndices del cuello que tienen forma de hoz y abrazan el tallo; en su parte convexa tienen un tejido en forma de dientes pequeños.

La ligula y la aurícula de la plántula de arroz sirven para distinguirla de las plántulas de algunas malezas comunes (Figura 9).

La **lámina** de la hoja es de tipo lineal, de punta aguda, larga y más o menos

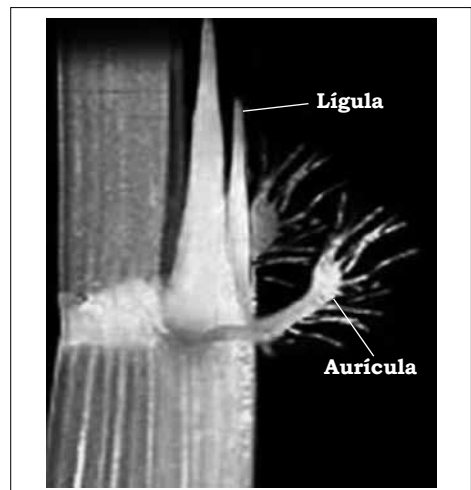


Figura 9. Ligula y aurícula de la hoja de arroz.

angosta, según las variedades. En el haz, o cara superior, sobresalen las venas paralelas que conforman el sistema vascular. A lo largo del envés, o cara inferior, corre por el centro una nervadura prominente; sobre ella, en ciertos casos, se enrolla la lámina.

Otras características

Respecto a la presencia de *vello foliar*, las hojas se clasifican como glabras, intermedias o pubescentes.

La presencia de *pigmentos* de antocianinas en los márgenes de la hoja, o en la lámina foliar, es un carácter varietal que se expresa de diverso modo según las condiciones ambientales. Se reconocen los siguientes colores y sus combinaciones en las hojas: verde pálido, verde común, verde oscuro, verde con márgenes púrpura o manchas púrpura, y púrpura.

La lámina de la *hoja bandera* es más corta y más ancha que la de las hojas anteriores a ella. Según la variedad de arroz, forma un ángulo diferente con el tallo (ver antes, ángulos de hijos) y adopta cuatro posiciones: erecta, intermedia, horizontal o descendente. Su tamaño está altamente correlacionado con la fertilización nitrogenada.

En el tallo principal se desarrollan más hojas que en los hijos primarios y en éstos más que en los secundarios; el número *total de hojas* del tallo principal varía mucho entre variedades (de 9 en unas hasta 23 en otras). Los tipos de arroz fotosensible, cuya fase vegetativa se retarda, pueden desarrollar un número de hojas mayor que 23.

La *vida de las hojas* es corta y para la época de floración solamente hay 4 ó 5 hojas verdes en cada tallo o hijo; de ellas, las dos hojas superiores son responsables de la fotosíntesis de un 75% de los carbohidratos que van al grano.

Órganos reproductores

Panicula

Las flores de la planta de arroz están reunidas en una inflorescencia compuesta denominada panicula. En la panicula se consideran el raquis o eje principal, las ramificaciones primaria y secundaria del raquis, las espiguillas, las flores (florejillas) y las semillas (Figura 10).

La panicula está situada sobre el nudo apical del tallo, llamado nudo ciliar o base de la panicula, y tiene generalmente la forma de un arco. En el nudo ciliar no se forma hoja ni yema de hijo, pero en él puede originarse la primera ramificación de la panicula y, según el caso, otras tres ramificaciones. Este nudo se toma como punto de referencia para medir la longitud del tallo y de la panicula. El entrenudo superior del tallo, en cuyo extremo se encuentra la panicula, se denomina *pedúnculo*. Su longitud varía mucho, según la variedad de arroz; en algunas variedades puede extenderse más allá de la hoja bandera o quedar encerrado en la vaina de ésta.

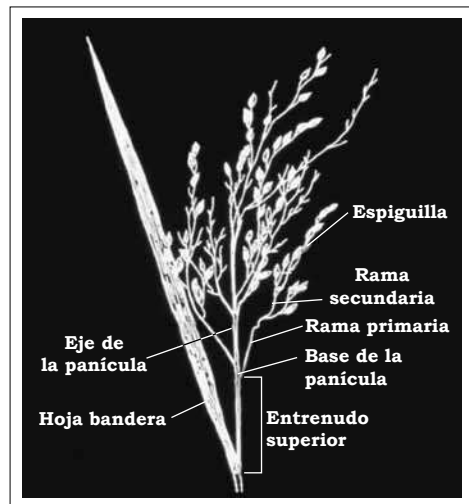


Figura 10. Estructura de la panicula del arroz.

Después de la floración, la emergencia de la panícula respecto al cuello de la hoja bandera se clasifica así:

- Emergencia *completa*: en que la base de la panícula sale completamente de la vaina de la hoja bandera y queda distante del cuello de ésta.
- Emergencia *semicompleta*: en que la base de la panícula está un poco más arriba del cuello de la hoja bandera.
- Emergencia *normal*: en que la base de la panícula coincide con el cuello de la hoja bandera.
- Emergencia *parcial*: en que la base de la panícula queda debajo del cuello de la hoja bandera.
- Emergencia *nula*: en que la panícula no emerge y queda encerrada dentro de la vaina de la hoja bandera.

Las panículas del arroz pueden clasificarse también como abiertas, cerradas o intermedias, según el ángulo que formen sus ramificaciones al salir del eje de la panícula (Figura 11).

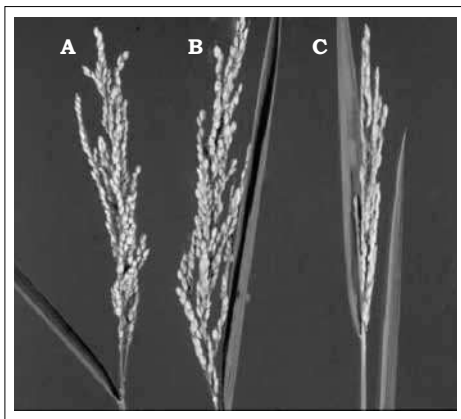


Figura 11. Clasificación de las panículas del arroz según el ángulo que formen sus ramificaciones con el eje de la panícula: (A) intermedia; (B) abierta; (C) cerrada.

Tanto el número de espiguillas por panícula como su peso son diferentes, según la variedad y el desarrollo de la planta o del hijo.

La panícula, que se mantiene erecta durante la floración, se dobla, generalmente, por el peso de los granos maduros. Hay variedades de tipo muy cerrado cuya panícula no se dobla cuando maduran los granos.

Raquis

El raquis o eje principal de la panícula es hueco y tiene nudos. Las protuberancias en la base del raquis se denominan pulvínulos paniculares.

En cada nudo del raquis nacen, individualmente o por parejas, *ramificaciones* que, a su vez, dan origen a ramificaciones secundarias, de las cuales brotan las espiguillas. Estas ramificaciones secundarias se presentan en diferentes densidades, característica que permite clasificarlas así:

- Ausentes: cuando no hay ramificaciones secundarias.
- Escasas: cuando hay pocas ramificaciones secundarias.
- Intermedias: cuando hay muchas ramificaciones secundarias, a veces varias por cada ramificación primaria.
- Abundantes: cuando las espiguillas brotan en grupos sobre las ramificaciones secundarias.

Espiguilla

La espiguilla, que es la unidad de la inflorescencia, está unida a la ramificación por el pedicelo. Las espiguillas del género *Oryza* contienen tres flores o florecillas, de las cuales una sola se desarrolla y es fértil. Una espiguilla consta de la raquilla, las florecillas y dos lemmas estériles (Figura 12). Las lemmas estériles, llamadas glumas rudimentarias, son dos brácteas que se alargan desde el

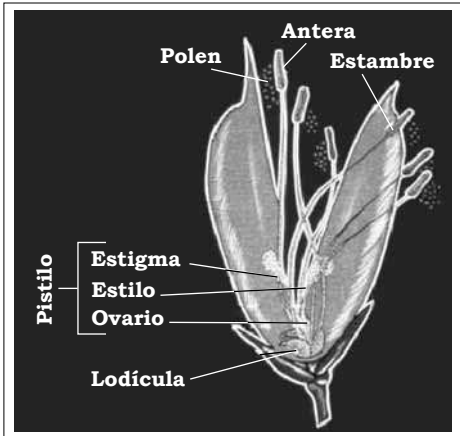


Figura 12. Estructuras de una florecilla de arroz.

pedicelo. La raquilla es el eje que sostiene la florecilla; las lemmas estériles rodean la raquilla por debajo.

En la espiguilla se encuentran además dos brácteas superiores, llamadas *glumas florales* o simplemente *glumas*, que son:

- la **lemma**, que tiene forma de bote y presenta cinco nervaduras, y
- la **pálea**, que tiene tres nervaduras y ocupa la posición opuesta a la lemma.

Estas brácteas superiores harán parte, más adelante, de la cáscara de la semilla. Cuando las espiguillas maduran, las *glumas fértiles* (o sea, la lemma y la pálea) exhiben diferentes *colores*, según la variedad de arroz; por ejemplo, color pajizo dorado con surcos dorados, fondo pajizo con manchas marrón oscuro, marrón amarillento, de rojizo a púrpura, púrpura y negro.

La lemma y la pálea presentan diferentes grados de *pubescencia*, según la variedad; pueden ser *glabras*, con pubescencia en la quilla de la lemma, o pubescentes en su parte más alta; la vellosidad puede ser muy corta o muy larga.

La nervadura central de la lemma se llama *quilla*, que puede ser lisa o pubescente. La *arista* es una prolongación filiforme de la quilla, localizada en el ápice de la lemma. La arista puede ser corta o larga y su tamaño está condicionado por factores hereditarios y por el medio ambiente. Una vez completada la floración, es posible detectar la presencia de la arista, cuyo desarrollo es parcial a veces; también puede estar ausente.

Flor

La flor (o florecilla) tiene seis estambres y un pistilo. Los estambres son filamentos delgados que sostienen las anteras; éstas son alargadas y bífidas y contienen los granos de polen (Figura 13). En el pistilo se distinguen el ovario, el estilo y el estigma. El ovario es de cavidad simple y contiene un solo óvulo. El estilo es corto y termina en un doble estigma plumoso. El estigma presenta diferentes colores, según la variedad de arroz: puede ser blanco, verde pálido, amarillo, púrpura pálido o púrpura.

Las *lodículas* son dos protuberancias redondeadas y transparentes que se encuentran en la base de la flor, y son responsables de la apertura floral. Durante la antesis, las lodículas se ponen turgentes y así logran que la lemma y la pálea se separen; simultáneamente, los estambres y las anteras se alargan y emergen (Figura 17). La dehiscencia de las anteras puede ocurrir antes de que abran las *glumas* o al tiempo con la apertura de éstas; la florecilla, sin embargo, tiene tendencia a la *cleistogamia* (polinización con la flor cerrada). Después de que las anteras hayan derramado el polen, las *glumas* se cierran; esta operación dura de 5 a 60 minutos.

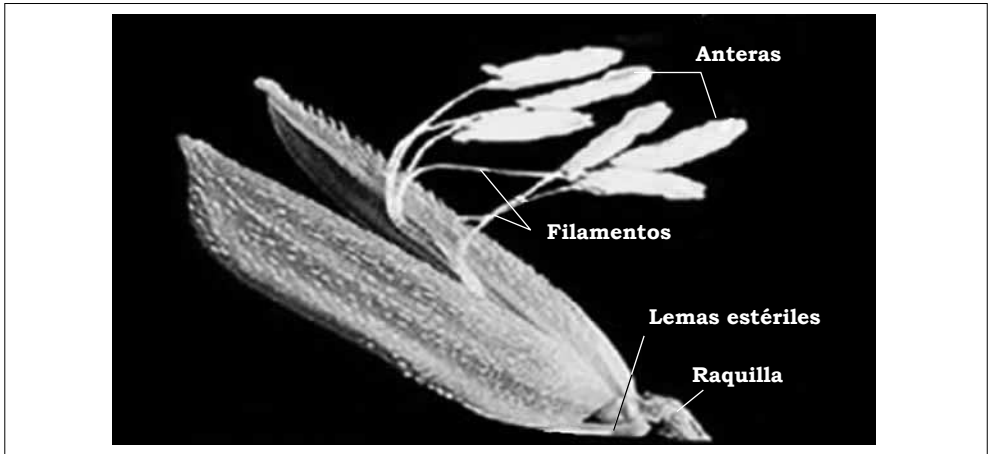


Figura 13. Estructuras internas de la flor.

Semilla

La semilla de arroz corresponde a un ovario maduro, seco e indehiscente, que consta de las siguientes partes (Figura 14):

- La cáscara, conformada por la lemma, la pálea y las partes asociadas a estas dos estructuras.
- Las lemmas estériles, la raquilla, la arista y el embrión, que está situado en el lado ventral de la semilla, cerca de la lemma.
- El endospermo, que provee alimento al embrión durante la germinación.

Estructuras

El grano de arroz descascarado es una **cariósida** que aún conserva el pericarpio, y se conoce por ello como arroz integral. El pericarpio puede ser blanco, marrón pálido, rojo, púrpura suave o púrpura intenso. El denominado 'arroz rojo' tiene el pericarpio de color rojo y, en algunos tipos de arroz, también el tegumento.

Debajo de la lemma y la pálea se encuentra el **pericarpio**, que está formado por tres capas de células

fibrosas muy duras (endocarpio, mesocarpio y exocarpio). Inmediatamente debajo del pericarpio encontramos dos capas ricas en proteína, que son el tegumento y la aleurona (Figura 14).

El **embrión** consta de la plúmula, que son las hojas embrionarias, y de la radícula, que es la raíz embrionaria primaria. La plúmula está cubierta por el coleóptilo y la radícula está envuelta por la coleorriza. El embrión está separado del endospermo por un tejido llamado *escutelo*.

Hay variedades de arroz que tienen el **endospermo** glutinoso o ceroso. En ellas, la fracción almidonosa, compuesta casi íntegramente por amilopectinas, es opaca, y se reconoce porque toma una coloración marrón rojiza en presencia del lugol (solución de yodo y yoduro potásico que detecta polisacáridos).

Otras variedades tienen el tipo común de endospermo almidonoso, que no es glutinoso; en ellas, la fracción almidonosa contiene amilosa y amilopectina, y adquiere un color azul

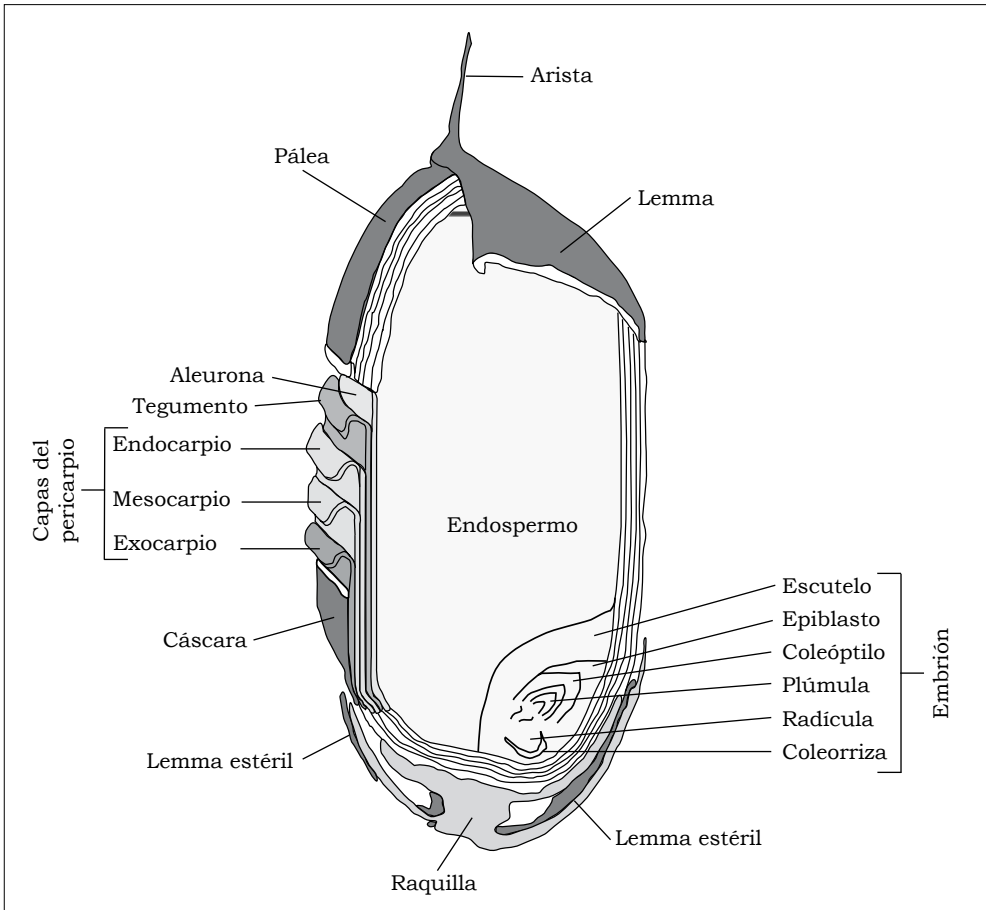


Figura 14. Estructuras interna y externa de la semilla de arroz.

oscuro con el lugol. El endospermo blanco consiste principalmente de gránulos de almidón envueltos en una matriz proteínica; contiene, además, vitaminas, azúcares, grasas, fibra cruda y minerales (cenizas).

Los granos de arroz descascarados y pulidos tienen grados diferentes de *transparencia*. Pueden ser translúcidos, semitranslúcidos y opacos. Algunos presentan manchas opacas en su parte central (abdomen) o en su dorso. Los granos de arroz descascarado se clasifican también según su *longitud*; hay granos extralargos (EL) de 7.5 mm o más, granos

largos (L) de 6.6 a 7.4 mm, granos medios (M) de 5.6 a 6.5 mm, y granos cortos (C) de 5.5 mm o menos.

Germinación

Las semillas de arroz que no tienen latencia pueden germinar inmediatamente después de su maduración. Las que tienen latencia pasan por un período natural de reposo más o menos largo. La latencia puede interrumpirse artificialmente descascarando las semillas o sometiéndolas a tratamientos especiales que facilitan la germinación.

Muchas de las estructuras de una semilla que germina son temporales, como el *coleóptilo* y la *coleorriza*; tienen la función de proteger otras estructuras o de ayudar a la plántula a establecerse mientras se desarrollan las estructuras permanentes.

Cuando las semillas germinan bajo el agua, el coleóptilo, que contiene la hojas embrionarias, emerge antes que la coleorriza. Cuando las semillas germinan en medio aéreo, como un suelo con buen drenaje, surge primero la coleorriza. Poco después de emerger la radícula, sale la coleorriza y se alarga (Figura 15). La siguen dos o más raíces seminales, las cuales desarrollan raíces laterales. Estas raíces morirán más tarde y serán reemplazadas por raíces secundarias adventicias.

El coleóptilo emerge como una estructura cilíndrica; cuando se rompe por el ápice, salen la hoja primaria y luego la secundaria (Figura 15).

El mesocótilo se alarga cuando las semillas germinan bajo el agua; de este modo eleva el coleóptilo sobre la superficie para que pueda emerger bien la plúmula.

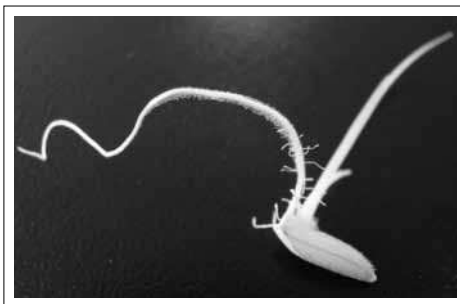


Figura 15. Germinación de la semilla de arroz: se inicia el desarrollo de los órganos de la planta a partir del embrión.

Referencias bibliográficas

- Angladette, A. 1969. El arroz. 1ª ed. Colección Agricultura Tropical. Editorial Blume, Barcelona. 867 p.
- Bayer Químicas Unidas. 1962. Bosquejo histórico-social del arroz. Arroz 11(126). Fedearroz, Bogotá.
- Chandler, R.F. Jr. 1979. Rice in the tropics: A guide to the development of national programs. Inter-agriculture Development Service. Westview, CO, EE.UU. 256 p.
- Chang, Te-Tzu. 1964. Present knowledge of rice genetics and cytogenetics. Boletín Técnico 1. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Filipinas. 4 p.
- Chang, T.T.; Bárdenas, E.A. 1965. The morphology and varietal characteristics of the rice plant. Boletín Técnico No. 4. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Filipinas.
- Chang, T.T.; Loresto, G.C. [1968]. The anatomical and histological features of the rice plant. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Filipinas. (Trabajo sin publicar)
- Cheaney, R.L. 1968. Cultivo del arroz: Manual de producción. Limusa, México D.F., México. 426 p.
- Cheaney, R.L. 1974. Historia del arroz como cultivo importante. Programa de Arroz. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 7 p.
- Efferson, J. 1956. The story of rice. Rice Journal (número del año).
- Font Quer, P. 1973. Diccionario de botánica. Labor, Barcelona, España.

- González F., J. 1975. Morfología de la planta de arroz: Curso de arroz, 1ª parte. Temas de orientación agropecuaria no. 112. Fedearroz, Bogotá, Colombia.
- González F., J. 1985. Origen, taxonomía y anatomía de la planta de arroz. (*Oryza sativa* L.). In: Tascón, E.; García, E. (eds.). Arroz: Investigación y producción. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Cali, Colombia. p. 47-64.
- González, H. 1981. Origen y morfología de la planta de arroz. In: Curso de adiestramiento en producción de arroz. Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuarias (INIPA), Chiclayo, Perú. p. 1-29.
- INIPA (Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuarias). 1981. Curso de adiestramiento en producción de arroz. Estación Experimental Vista Florida, Chiclayo, Perú. 504 p.
- IRRI (International Rice Research Institute). 1964. Rice genetics and cytogenetics. Memorias de un simposio reunido en Los Baños, Filipinas, en febrero de 1963. Elsevier, Nueva York.
- IRRI (International Rice Research Institute). 1980. Descriptors for rice (*Oryza sativa* L.). Manila, Filipinas. 21 p.
- Jennings, P.R. 1961. Historia del cultivo de arroz en Colombia. Agricultura Tropical (Bogotá) 17(2).
- León, J. 1968. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Mahatatra, I.C.; Sharma, A.C. 1970. Studies on the growth and development of the rice plant. *Il Riso* 19(1):55-79.
- Poehlman, J.M. 1979. Breeding field crops. 2a. ed. AVI, Westport, CT, EE.UU.
- Porter, C.O. 1959. Taxonomy of flowering plants. Freeman, San Francisco, CA, EE.UU.
- Pureglobe, J.W. 1972. Tropical crops: Monocotyledons I. 1ª ed. Longmans Group, Londres. 334 p.
- Roschevitz, R.J. 1932. Documents sur le genre *Oryza*. *Revue de Botanique Appliquée a l'Agriculture Tropicale* 135:949-961.
- RICE (Rice Information Cooperative Effort). 1967. Rice production manual. University of the Philippines e International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Filipinas. 345 p.
- Vasconcellos, J. de C.E. 1963. O arroz. 2a. ed. Ministerio de Economía, Lisboa. 307 p.
- Vaughan, D.A. 1994. The wild relatives of rice: A genetic resources handbook. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Filipinas. 137 p.
- Yoshida, S. 1977. Physiological consequences of altering plant type and maturity. *International Rice Commission Newsletter* No. 25.
- Zhukovsky, P.M. 1971. Las plantas cultivadas y sus ancestros.