



EL ARROZ

ALIMENTO DE MILLONES



**Un texto sencillo para alumnos de las carreras vinculadas
a las Ciencias Agrarias y Tecnología de los Alimentos**



Autores

Ing. Agr. Mg. María Pincioli (UNLP)
Ing. Agr. Mg. Nora R. Ponzio (UNCPBA)
Lic. Maité Salsamendi (UNCPBA)

Editoras

Ing. Agr. Mg. María Pincioli (UNLP)
Ing. Agr. Mg. Nora R. Ponzio (UNCPBA)



**Universidad Nacional
de La Plata**



Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA





Pincirolí, María

El arroz : alimento de millones / María Pincirolí ; Nora Raquel Ponzio ; Maité Salsamendi ; compilado por María Pincirolí y Nora Raquel Ponzio. - 1a ed. - Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 2015.

E-Book.

ISBN 978-950-658-374-3

1. Arroz. 2. Alimento. I. Ponzio, Nora Raquel II. Salsamendi, Maité III. Pincirolí, María, comp. IV. Ponzio, Nora Raquel, comp. V. Título

CDD 633.18

Fecha de catalogación: 27/05/2015



ÍNDICE

CAPÍTULO I

ARROZ: ORIGEN Y SISTEMÁTICA

María Pincioli

Generalidades.....	9
Origen y evolución.....	9
Comercialización.....	10
Producción en Argentina.....	12
Sistemática y clasificación.....	14
Morfología general. Descripción de la planta.....	15
Morfología de grano	16
Ecofisiología, crecimiento y desarrollo del cultivo de arroz.....	18
1. Etapa vegetativa y panojas por hectárea	
2. Etapa reproductiva; y	
3. Etapa de llenado de grano y maduración.	
Requerimientos del cultivo.....	21
Requerimientos climáticos	
Requerimientos fotoperiódicos	
Requerimientos de nutrientes	
Referencias bibliográficas.....	23

CAPÍTULO II

EL ARROZ Y SU CULTIVO

María Pincioli

Sistemas de cultivo y sistematización.....	27
Prácticas culturales.....	29
Adversidades del cultivo.....	32
Malezas.....	32
Gramíneas anuales	
Gramíneas perennes.	
Ciperáceas	
Control de malezas.....	35
Plagas.....	35
Chinches	
Gorgojo acuático	
Barrenador del tallo	
Sogata	
Control de plagas.....	38



Enfermedades fúngicas.....	39
Pyricularia	
Pudrición del tallo	
Manchado de la vaina	
Pudrición de la vaina	
Manchado del grano	
Control de enfermedades.....	41
Referencias Bibliográficas.....	42

CAPÍTULO III

PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS DE ARROZ

María Pincioli

Introducción.....	45
Subproductos de molino.....	45
Arroz integral.....	45
Arroz pulido.....	46
A. Grano entero.....	46
Arroz parbolizado	
Participación del arroz en platos típicos	
Crackers	
Arroces modificados genéticamente	
B. Grano quebrado.....	49
Almidón de arroz	
Métodos de obtención de harinas	
Características de la harina para su uso en panificación	
Arroces glutinosos	
Otros productos panificados de arroz	
Salvado de arroz.....	52
Consideraciones finales.....	53
Referencias bibliográficas.....	53

CAPÍTULO IV

CALIDAD INDUSTRIAL Y CULINARIA DEL GRANO DE ARROZ.

María Pincioli, Nora Ponzio y Maité Salsamendi

Calidad: concepto.....	56
Calidad de grano	56
Apariencia.....	56
Calidad industrial o molinera - Rendimiento industrial.....	58
Calidad culinaria.....	58
Contenido de amilosa	59



Concepto de temperatura de gelatinización. Test de Álcali.....	61
Parámetros complementarios para evaluar la calidad culinaria.....	62
Volumen de sedimentación	
Consistencia de gel	
Pérdida de sólidos	
Cocción	
Calidad nutricional.....	63
Arroces especiales.....	64
Referencias bibliográficas.....	64

CAPÍTULO V

ARROCES ESPECIALES: ARROZ PROTEICO

María Pincioli

Introducción.....	67
Composición química de los cereales. Composición química del grano de arroz.....	67
Proteínas de almacenamiento en las semillas de los cereales.....	68
Proteínas del grano de arroz: Fracciones	69
Celiaquía.....	71
Composición aminoacídica y valor nutricional.....	71
Concentrados y aislados proteicos.....	72
Propiedades funcionales.....	72
Propiedades dependientes de la interacción agua-proteína.....	73
Solubilidad	
Capacidad de retención de agua (WHC)	
Propiedades de superficie: espuma y emulsiones.....	75
Propiedades dependientes de la interacción proteínas-lípidos.....	76
Absorción de aceite	
Propiedades dependientes de la interacción proteína-proteína.....	77
Referencias bibliográficas.....	78

CAPÍTULO VI

ARROCES ESPECIALES: ARROZ AROMÁTICO

María Pincioli

Introducción.....	81
Parámetros de calidad <i>Basmati</i>	81
El aroma.....	82
Determinación del 2-acetil-1-pirrolina.....	82
Factores que afectan el aroma.....	83
Referencias bibliográficas.....	85



CAPÍTULO VII

ACEITE DE SALVADO DE ARROZ

Nora Ponzio y Maité Salsamendi

Introducción.....	88
Producción de Aceite Crudo.....	90
¿Qué ofrece el aceite de Arroz?.....	91
Refinado.....	92
Parámetros de calidad del aceite de arroz.....	94
El aceite de arroz y los consumidores argentinos.....	95
Otros subproductos.....	96
Referencias Bibliográficas.....	97
ANEXO I: Normas de calidad para la comercialización de granos y subproductos.....	98



- Prólogo -

El arroz conforma, junto al maíz y al trigo, la trilogía de cereales más cultivados del mundo. Desde el punto de vista histórico, cultural y alimenticio tiene tanta importancia para Asia como el maíz para América y el trigo para Europa, es decir acompañó a los pueblos de esas regiones en su evolución. Para vastos pueblos del mundo representa más del 50% del total de calorías diarias ingeridas y en esas regiones llega a un consumo de hasta 237 kg por habitante por año.

Si bien su origen geográfico se remonta a zonas de Asia tropical, hoy sus variedades se han diseminado por todo el mundo y están adaptadas a todos los ambientes, desde las altas montañas hasta la ribera de los ríos y desde el ecuador a altas latitudes en Sudamérica.

Su cultivo admite un sinnúmero de formas desde el seco hasta el trasplante y desde la siembra a mano hasta la efectuada por avión. Su cultivo puede ser intensivo como en las pequeñas chacras del sudeste asiático hasta las grandes superficies de USA y Argentina.

En nuestro país su consumo puede categorizarse como bajo (7 kg/habitante/año) si se lo compara con los más arriba citados y su producción es regional, limitándose a las provincias del litoral, aunque hay potencialmente otras áreas aptas, en la medida que políticas puedan alentar un incremento en la producción. Su consumo no presenta restricciones y no se conocen factores alergénicos que puedan representar un riesgo para algunos grupos vulnerables y su alto valor energético lo hace sumamente apto para dietas de alta competencia.

Su amplia adopción al régimen alimenticio y su versatilidad favorecen la incorporación de arroces especiales a la dieta lo que representa una vuelta de tuerca en la difusión de nuevos productos y procesos productivos. La investigación en el aprovechamiento de los subproductos del arroz también ofrece un campo de desarrollo muy interesante.

Ing. Alfonso A. Vidal

*Director del Programa Arroz,
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
Universidad Nacional de La Plata*

Agradecemos al Ing. Alfonso A. Vidal, referente a nivel nacional en calidad de arroz, por su contribución con los temas Sistemas de cultivo y sistematización y Arroz parbolizado y especialmente por haber realizado la lectura minuciosa del manuscrito



CAPÍTULO I

ARROZ: ORIGEN Y SISTEMÁTICA

María Pincioli





GENERALIDADES

El arroz (*Oryza sativa* L.) es un cultivo que realiza la humanidad desde hace más de 10000 años. Proporciona más calorías por hectárea que cualquiera de los otros cereales cultivados (ACPA, 2014). Es la base de la alimentación en los países asiáticos donde la población tiene una tasa de crecimiento anual del 1,8% (Katsube–Tanaka *et al.*, 2004). Constituye uno de los principales alimentos para más de la mitad de la población mundial siendo el segundo cereal, después del trigo, en producción y uso para la alimentación. Puede cultivarse tanto a 3000 m de altitud (en Nepal), como a nivel del mar, y en un rango de latitudes que van entre los 53°N en China, hasta los 35°S en Australia (Arguisain, 2006). Otra particularidad del cultivo del arroz es que, a diferencia de los otros, su valor económico principalmente radica en el grano entero para consumo humano, sin otra elaboración que el molinado; por lo cual, factores que puedan afectar esta característica afectarán su valor comercial.

ORIGEN Y EVOLUCIÓN

Se estima que el origen geográfico es el estado de *Oryza* en el noreste de India, sobre las laderas del Himalaya. Esta hipótesis está apoyada por la presencia y conservación de la variabilidad genética existente en la zona, debido a la diseminación de cruzamientos y favorecido por el aislamiento de dichas condiciones ambientales. Según Acevedo *et al.* (2006), la dispersión del arroz en el mundo se inició desde el sureste asiático (India) hacia China, 3000 años antes de Cristo (A.C). De allí fue llevado a Corea y posteriormente al Japón, en el siglo I A.C. También de la India fue llevado para las islas del Océano Indico, principalmente Indonesia y Sri Lanka, en la misma época (Figura 1). Generalmente los cultivos domesticados en el Oriente de Asia fueron difundidos al Occidente en épocas relativamente recientes. Los comerciantes árabes fueron los primeros en llevar el arroz del este de Asia a Medio Oriente, cerca del siglo IX A.C. Simultáneamente en esta época fue llevado hacia Egipto y otros países de África, donde sólo se cultivaba *O. glaberrima*. La introducción del arroz a Europa Occidental ocurrió aproximadamente 320 A.C., mientras que en América se produjo en la época pos-colombina, siendo traído por los colonizadores españoles, portugueses y holandeses.

El arroz, acompañó la civilización y fue el alimento de mayor número de personas en toda la historia. El mestizaje cultural en torno al arroz ha sido muy importante. En la tradición hindú, el arroz con leche era apreciado regalo y ofrenda para los dioses. En muchos rituales este cereal representa la prosperidad, abundancia y fertilidad; deriva de

esta creencia la costumbre de recibir a las nuevas parejas que se casan con una lluvia de arroz, costumbre difundida también en Europa y en Iberoamérica. En Asia, muchas veces el mismo término se utiliza para «arroz» y « agricultura» o «arroz» y «comida» evidenciando su importancia (Vianna e Silva, 1952, 1948, tomado de León y Rossell, 2007).

En cuanto al origen filogenético, aunque se reconoce la existencia de varias teorías, la más aceptada es la propuesta por Chang (1976) la cual reconoce un ancestro común en Gondwana del que a su vez derivan dos especies perennes *Oryza rufipogon* en Asia y *O. barthii* en África de las que derivan las cultivadas *O. sativa*, mucho más difundida en todo el mundo, y *O. glaberrima*, confinada a su lugar de origen (África).

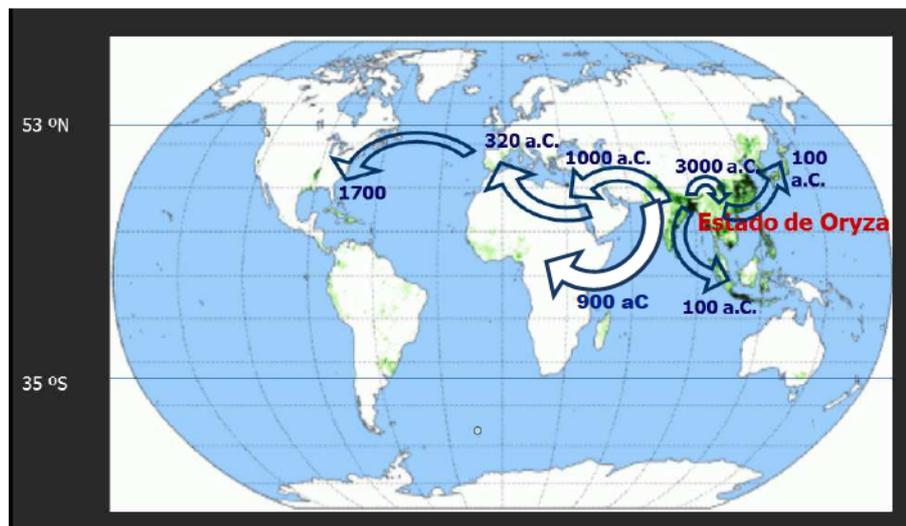


Figura 1. Origen y distribución del cultivo de arroz como alimento

Fuente: Acevedo *et al.*, 2006.

COMERCIALIZACIÓN

Más del 90 % del arroz del mundo se produce en Asia fundamentalmente en China e India (Khush, 1997). La producción mundial anual es de 497,7 millones de toneladas de arroz elaborado. El consumo se estima en 478 millones de t con lo que se alcanza el abastecimiento anual. Solo se comercializan 37,4 millones de t (FAO, 2013).

El mercado de arroz es muy particular. Una de las características de este cereal es que se consume fundamentalmente donde se produce. Es de autoconsumo: solo se comercializa el 7,5%, mientras que de maíz y trigo se comercializan el 18 y el 20%, respectivamente, de la producción mundial. En el mercado internacional participa, fundamentalmente el grano tipo largo fino, aunque hay mercado suficiente para todos los tipos y calidades.

En la Tabla 1 figuran los principales países productores: China e India concentran más del 50% de la producción mundial, y los principales países exportadores, que son mayoritariamente asiáticos, a excepción de Estados Unidos.

Tabla 1. Principales países productores y exportadores de arroz

Principales países productores	%	Principales países exportadores	%
China	32	Tailandia	36
India	22	Vietnam	18
Indonesia	8	India	18
Vietnam	5	EEUU	12
Bangladesh	6	Pakistán	10
Tailandia	4	China	12
Myanmar	4		
Filipinas	2		
Japón	2		
Brasil	2		
EEUU	2		
Pakistán	1		
Resto	11		

Fuente: USDA, Marzo 2008.

El consumo de arroz es variable según las costumbres locales y puede clasificarse en tipos: asiático, tropical y occidental (Tabla 2).

Tabla 2. Clasificación del consumo mundial de arroz

Consumo	kg/hab/año	Ejemplos*
Tipo asiático	> 80	China: 90; Indonesia: 150; Myanmar: más de 200; Tailandia: 237.
Tipo tropical	e/ 30-60	Brasil: 45; Colombia: 40.
Tipo occidental	<10	Estados Unidos: 9; Argentina: 7,5; Francia: 4.

Fuente: UNCTAD, 2012

* Valores expresados en kg/hab/año.

PRODUCCIÓN EN ARGENTINA

El área productora de arroz en Argentina se encuentra ubicada en la región litoral mesopotámica. La evolución del cultivo en nuestro país puede ser expresada a través de tres etapas: la primera desde la colonia hasta la década de 1940, durante la cual el arroz elaborado se importaba, fundamentalmente desde Brasil. Una segunda etapa que abarca hasta la década del '90, en la que se produjo una expansión del cultivo logrando el autoabastecimiento. El crecimiento se debió, entre otras razones, al gravamen al arroz importado y al aporte del mejoramiento genético desde la Universidad de La Plata. No obstante, el cultivo se estabilizó en 400.000 t/año (Figura 2).

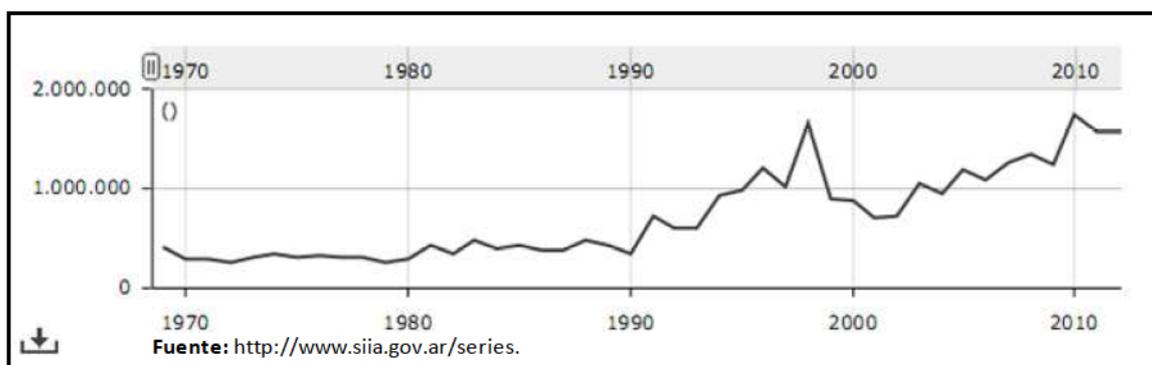


Figura 2. Evolución de la producción anual de arroz cáscara en Argentina durante el período 1969-2011 (expresado en toneladas).

La tercera etapa comienza en la década del '90. En esta época, la producción argentina tuvo un notable crecimiento al amparo del flujo exportador hacia Brasil debido a la instrumentación del Mercosur. La superficie de este cultivo destinada en la Argentina llegó hasta las 292.500 hectáreas en la campaña 1998/99, con una producción de 1,6 millones de toneladas aproximadamente (Figura 2). Posteriormente disminuyó en forma brusca y a partir del año 2003 inició un nuevo ciclo de crecimiento alcanzando, en los últimos años, entre 150 y 200 mil hectáreas en Argentina.

Las variaciones en la superficie cultivada están relacionadas con los vaivenes de los precios internacionales y las relaciones de cambio con las monedas de los principales compradores.

En términos porcentuales, del total de la producción, aproximadamente un 4% se reserva para semilla y un 12% se exporta como arroz con cáscara, el 84% remanente va a procesamiento para transformarse en arroz elaborado. El 30% satisface al mercado interno mientras que el 70% de dicha producción se exporta (Díaz *et al.*, 2009).

Nuestros principales compradores en la actualidad son: Venezuela, Senegal, Brasil y Chile.

Sobre una producción de 1.027.000 toneladas por año, el 84,5% corresponde al tipo comercial largo fino (LF) y el 15,5% restante al tipo largo ancho o doble carolina (LA) (SAGPyA, 2008).

El número de molinos arroceros ha decrecido en los últimos años debido a las distintas crisis que atravesó el sector arrocerero en particular y el país en general. Actualmente se cita la existencia de 49 molinos arroceros, distribuidos de la siguiente manera: 35 en la provincia de Entre Ríos, 9 en Corrientes, 3 en Santa Fe, 1 en Misiones y 1 en Buenos Aires.

Las principales provincias productoras son Corrientes, Entre Ríos, Santa Fe, Chaco y Formosa con un 43, 30, 19, 3 y 4 % de la superficie sembrada respectivamente. Entre Ríos y Corrientes concentran el 70-75% del área cultivada y el 90% de la capacidad de molienda. Si se analiza históricamente tanto Corrientes, como Entre Ríos tienen similar superficie sembrada, aunque en los últimos años se ha establecido una preeminencia de Corrientes sobre Entre Ríos. Históricamente los rendimientos en la provincia de Corrientes eran marcadamente inferiores a los obtenidos en la provincia de Entre Ríos. En la actualidad esta brecha se está reduciendo notablemente (Figura 3).

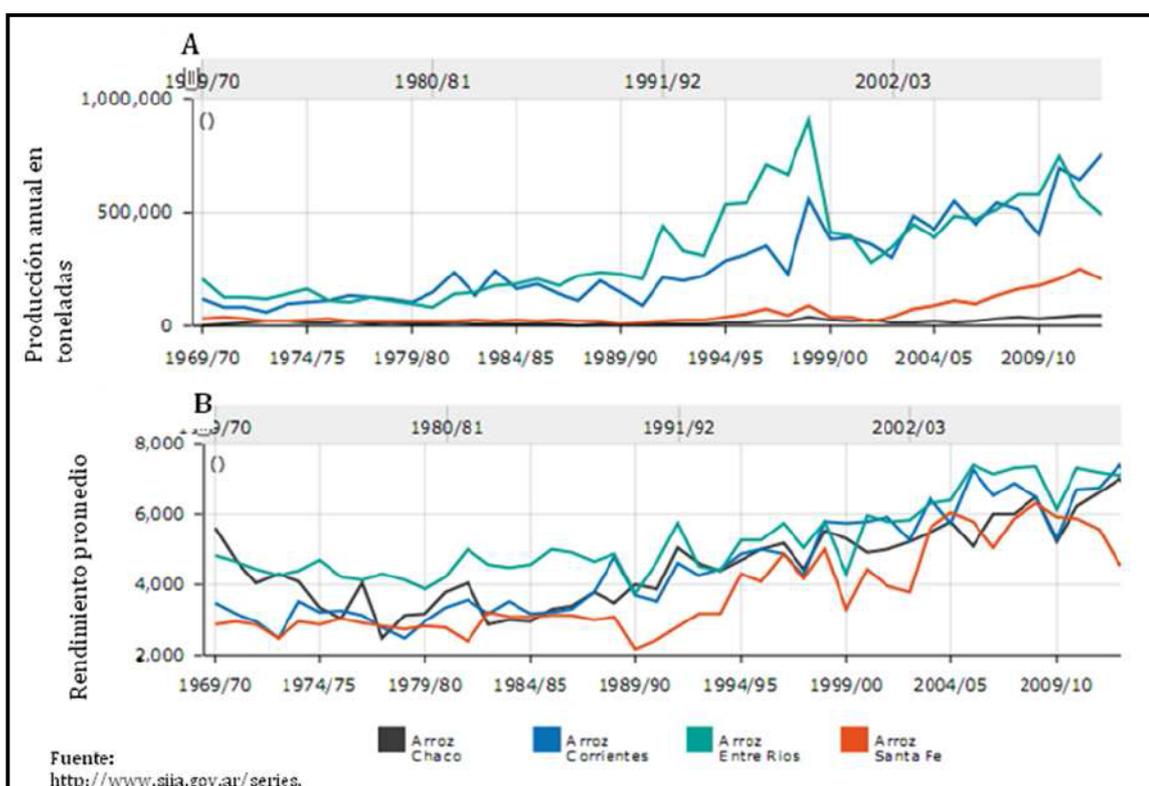


Figura 3. Evolución de: A) la producción anual (en t) y B) de los rendimientos promedio (kg/ha) de arroz en las principales provincias productoras argentinas.



Ambas provincias poseen diferencias de manejo especialmente en lo que hace al uso de agua (Entre Ríos posee un 60% de las explotaciones regadas por agua de pozos profundos con un elevado gasto energético, mientras que Corrientes aprovecha fuentes de agua superficial, represas) y el tamaño de las explotaciones (en Entre Ríos la superficie promedio es de 60 ha mientras que en Corrientes superan las 300 ha). Para la actualización de los datos estadísticos a nivel nacional se recomienda consultar la página web <http://www.siiia.gov.ar/series>.

SISTEMÁTICA Y CLASIFICACIÓN

Las variedades cultivadas de arroz pertenecen al género *Oryza* que a su vez pertenece a la tribu *Oriceas* (subfamilia *Orizoideas* de las Gramíneas), un pequeño grupo de géneros de plantas acuáticas (o por lo menos higrófilas). El género ***Oryza*** agrupa a plantas medianamente altas, graminiformes anuales o perennes. Hasta el presente, se incluyen 24 especies dentro del género *Oryza*, la mayoría de ellas con número cromosómico n=12. Según diversos estudios existirían dos patrones evolutivos de origen y domesticación del arroz cultivado, uno en Asia, para la especie *O. sativa* y otro en África (delta central del Níger) para *O. glaberrima*. Ambas especies, además de las diferencias filogenéticas, presentan diferencias morfológicas (Acevedo *et al.*, 2006). Las especies *O. ruffipogon* y *O. nivara* (ambas anuales) son los progenitores de *O. sativa* L., mientras que las especies africanas: *O. barthii* (perennes) y *O. breviligulata* (anual) son los progenitores directos de *O. glaberrima* Steud. La especie ***sativa*** es la de mayor importancia económica cultivada ampliamente en todo el mundo, incluyendo Asia, América del Norte y Sur, Unión Europea, Oceanía y Centro-este de África, mientras ***glaberrima*** es cultivada básicamente en el oeste del África.

La especie *O. sativa* presenta mayor diversidad genética, cuenta con tres sub-especies, las cuales son clasificadas en base a su ecología y morfología en: Indica, Japónica y Javánica. La sub-especie Indica está distribuida en los trópicos y subtropicos, mientras que la Japónica, se encuentra distribuida en zonas no tropicales (templadas). La subespecie Javánica, fue incorporada posteriormente, con características intermedias entre Indica y Japónica. Sin embargo, existe sobreposición de caracteres entre esos tipos. Algunos autores (Chang, 1976) no reconocen estas subespecies si no que admiten la aparición, a través de la evolución del cultivo, de formas eco-geográficas de manera que las diferencias morfológicas corresponden en realidad a reacciones de la planta al ser trasladada por el hombre a zonas de cultivo con condiciones más extremas, o sea que el ambiente sería su principal factor diferenciador (Acevedo *et al.*, 2006). Por ejemplo, la presencia de pilosidad o aristas en las lemmas son típicas reacciones de la planta frente a condiciones de baja temperatura ambiente. Aún existen muchas controversias sobre la taxonomía, filogenia y sistemática del arroz. La adaptación a diversos ambientes y la selección humana han permitido la existencia de numerosos cultivares. Se calcula que en



el mundo hay más de 120.000 variedades de arroz (Khush, 1997) de las cuales unas pocas son cultivadas. El principal cambio que sufrió la planta durante la domesticación fue la disminución del desgrane de la panícula, facilitando la cosecha.

MORFOLOGÍA GENERAL. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

El arroz es una gramínea anual de origen subtropical, clasificado como planta C3 por su vía fotosintética, y con gran capacidad de adaptación a diferentes condiciones de ambiente. Es una planta de tallos cilíndricos y huecos compuestos por nudos y entrenudos, hojas de lámina plana unidas al tallo por la vaina y su inflorescencia es una panícula (Figura 4). La altura de la planta varía entre 40 cm (enanas) y más de 7 metros (flotantes).

Partes constitutivas de la planta

Raíz. La planta de arroz desarrolla dos clases de raíces: las seminales o temporales y las secundarias, adventicias o permanentes (Arregocés, 1987). Las raíces seminales, poco ramificadas sobreviven corto tiempo después de la germinación y son reemplazadas por las adventicias que brotan de los nudos subterráneos de los tallos jóvenes. Cada nudo produce normalmente de 5 a 25 raíces. Las raíces adventicias maduras son fibrosas, con raíces secundarias y pelos radicales, y con frecuencia forman verticilos a partir de los nudos, que están sobre la superficie del suelo. En variedades de arroz flotante, se forman raíces adventicias (nodales) en los nudos más altos de la parte del tallo sumergida en el agua. En suelos inundados, la superficie exterior de las raíces activas se oxida; debido a la precipitación de compuestos férricos, las raíces oxidadas pueden ser reconocidas visualmente por su coloración rojiza, en suelos aireados, las raíces mantienen su color blanco.

Tallo. Está formado por alternancia de nudos y entrenudos. El entrenudo maduro es hueco, finamente estriado, de superficie glabra. Tiene la capacidad de emitir macollos que surgen a partir de yemas de la corona que se encuentran dentro de la vaina de la hoja. El número de macollos es una característica varietal que puede variar según el sistema de cultivo y el ambiente (especialmente en función de la densidad de siembra, el manejo del agua y la radiación solar disponible, entre otros).

Hoja. Por macollo, existen alrededor de 6 hojas. En cada nudo se desarrolla una hoja en forma alternada a lo largo del tallo. La superior, que se encuentra debajo de la panoja, es la hoja bandera. En floración, solamente hay presentes 3 o 4 hojas verdes en el tallo o macollo y las dos superiores son responsables de la fotosíntesis del 80% de los carbohidratos que se movilizan al grano después de la floración. Morfológicamente está

conformada por lámina, vaina, lígula y aurícula; estas dos últimas estructuras permiten diferenciarlo de *Echinochloa* sp. (capín) una de las principales malezas del cultivo de arroz.

Inflorescencia. Se denomina panícula o panoja y se ubica sobre el nudo apical del tallo. El raquis o eje principal es hueco. De cada nudo del raquis nacen, individualmente o por parejas, ramificaciones, que a su vez dan origen a otras ramificaciones secundarias de donde brotan las espiguillas. Esta característica permite diferenciar las dos especies cultivadas dado que *O. glaberrima* no posee ramificaciones secundarias. Cada espiguilla consta de dos lemmas estériles, la raquilla y la flor. La flor consta de 6 estambres y un pistilo. Los estambres son filamentos delgados que sostienen las anteras alargadas y bífidas. El ovario es de cavidad simple y contiene un solo óvulo.

Fruto. Es un cariopse, seco e indehiscente, constituido por el ovario fecundado y maduro.

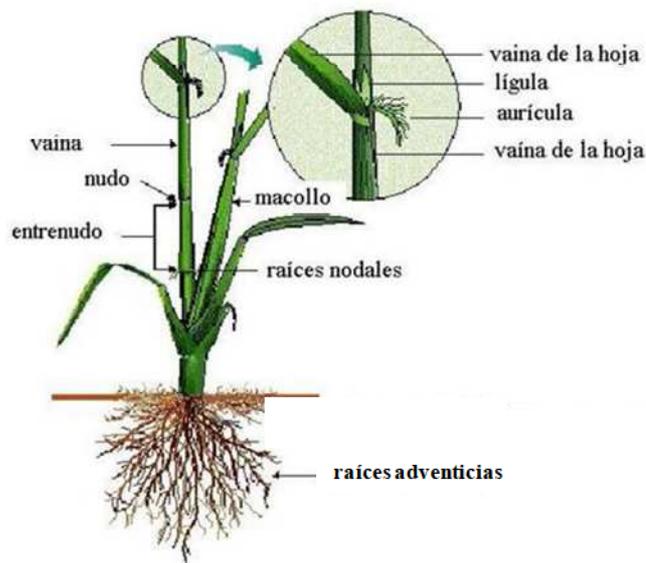


Figura 4. Partes constitutivas de la planta de arroz
Fuente: Chaudhary *et al.*, 2003.

Morfología del grano

El grano de arroz, comúnmente llamado semilla, recién cosechado está formado por el fruto o cariopse y por la cáscara, está última compuesta por las glumelas (palea y lema). Industrialmente se considera al arroz cáscara o arroz paddy, aquel comprendido por

el conjunto de cariopse y glumelas (Figura 5). A su vez el cariopse, está formado por el embrión (planta preformada), el endosperma, capa de aleurona (tejido rico en proteínas), tegumento (cubierta seminal, desarrollo de las paredes del óvulo), y el pericarpio (cubierta del fruto, desarrollo de las paredes del ovario). El embrión es extremadamente pequeño, localizado en la zona ventral del cariopse.

El endosperma consiste en células de parénquima que se elongan en forma radial y está compuesto por gránulos de almidón y algunos cuerpos proteicos (Juliano, 1980; Juliano, 1985). Las capas de aleurona están compuestas por 1 a 7 capas de células de parénquima cuadrangular o rectangular, de 1-3 μm de espesor. El pericarpio es piloso y tiene un espesor de aproximadamente 10 μm .

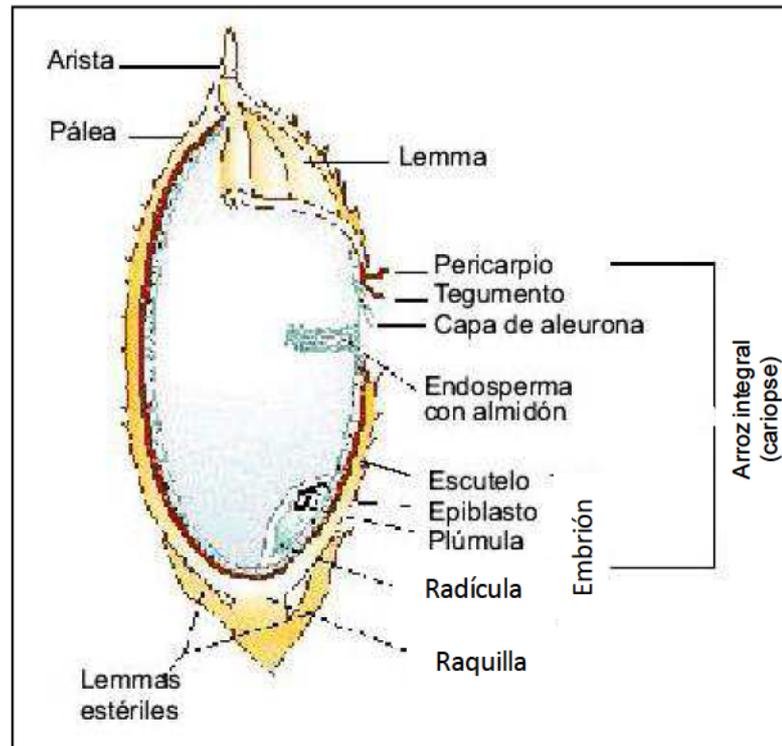


Figura 5. Partes constitutivas del grano

Fuente: González y Zamorano, 2009.

ECOFISIOLOGÍA, CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DE ARROZ

El crecimiento y desarrollo de la planta de arroz puede ser dividido en tres etapas:

1. *Etapa vegetativa,*
2. *Etapa reproductiva, y*
3. *Etapa de llenado de grano y maduración.*

La etapa vegetativa es el período que va desde la germinación de la semilla hasta el comienzo de la diferenciación del primordio floral.

La etapa reproductiva comprende desde el final de la etapa vegetativa hasta que las flores han sido polinizadas.

La tercera y última etapa comienza con el 50% de panojas emergidas completamente y termina cuando la humedad promedio del grano es de alrededor de 20%. A lo largo de estas etapas se van determinando los tres componentes del rendimiento: el número de panojas por hectárea, la cantidad de granos por panoja y el peso de los mil granos. De la combinación de estos elementos resultará el rendimiento final del cultivo (Gamarra, 1996) (Figura 6).

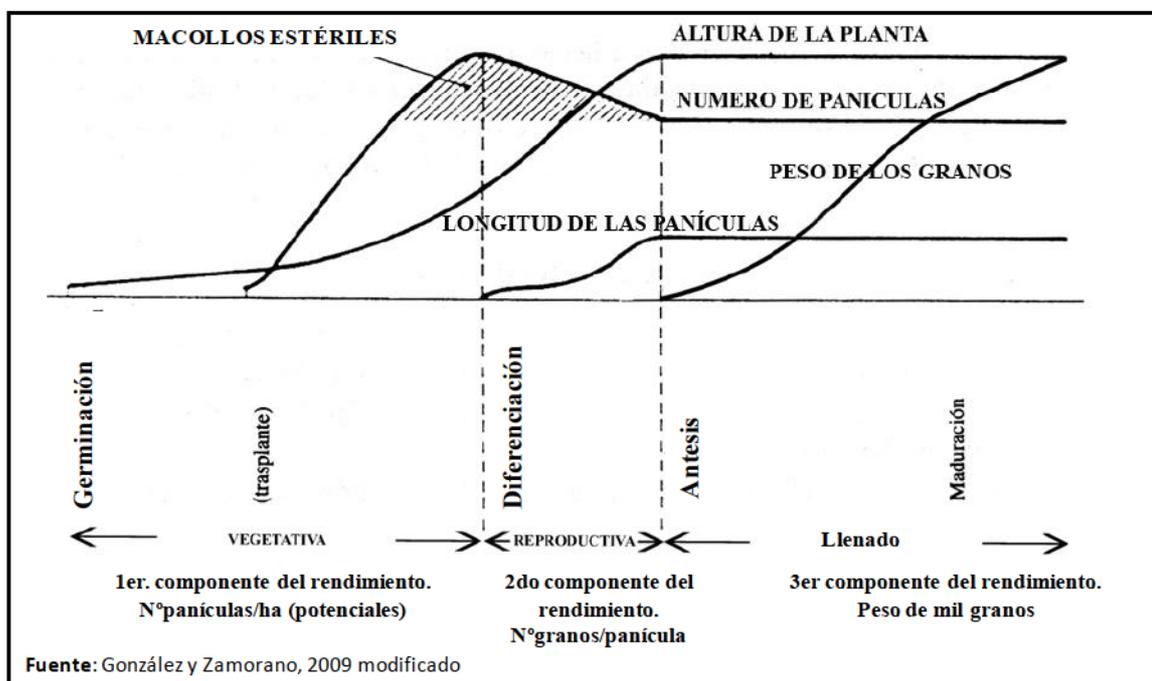


Figura 6. Fases de crecimiento y desarrollo. Definición de los componentes del rendimiento.



1. Etapa vegetativa y panojas por hectárea

La etapa vegetativa puede ser dividida en: a) emergencia, b) estado de plántula, c) macollaje y d) formación de entrenudos.

a) Emergencia. Cuando se dan las condiciones requeridas de temperatura y humedad, la semilla se hincha y germina. En el embrión crecen y se alargan dos estructuras, la radícula y el coleoptile. El tenor de oxígeno en el suelo determina el tipo de germinación, si es alto, como es el caso de la siembra en seco, emerge primero la radícula, si es bajo (siembra en agua) emerge primero el coleoptile ya que es menos demandante en oxígeno que la radícula. En siembras tempranas el frío y el exceso de humedad pueden retardar mucho la emergencia. En siembras tardías la falta de humedad puede demorar la germinación y la emergencia.

b) Estado de plántula. Hasta la aparición de la tercera hoja, la planta vive de las reservas del endosperma, genera raíces seminales que pronto son reemplazadas por adventicias que nacen de los nudos subterráneos de los tallos. En este momento la temperatura es un factor muy importante. Con valores entre 18-25°C el crecimiento es normal, las temperaturas bajas (menos de 10-12°C) reducen la probabilidad de supervivencia de la plántula.

c) Macollaje. A partir de la cuarta hoja emerge el primer macollo; los macollos surgen de los nudos de la corona, ubicados en el interior de la vaina de la hoja. El primer y tal vez segundo macollo maduran casi al mismo tiempo que la planta madre. Otros macollos, si se producen, van a madurar más tarde y tendrán menor calidad de grano. La capacidad de emitir macollos permite al cultivo de arroz responder en forma elástica a la densidad de siembra. En general tanto el nitrógeno como el fósforo son importantes para el macollaje. La inundación temprana y una lámina de agua elevada disminuyen el macollaje. Es conveniente comenzar a regar en esta etapa, manteniendo un nivel de agua bajo (5-6 cm) tal que no afecte el macollaje y permita la aplicación de N en cobertura. A partir de este momento el arroz debe permanecer inundado hasta la maduración. La adaptación del arroz a la inundación deriva de la presencia de aerénquimas en el tallo y la raíz. Los aerénquimas se forman como consecuencia de la muerte ordenada y programada de las células (apoptosis) produciendo grandes espacios intercelulares que posibilitan la conducción del oxígeno del aire a la rizósfera a través de la línea de nudos y entrenudos.

d) Formación de entrenudos. La formación de nudos y entrenudos por encima de la corona, es lo que da lugar al tallo y determina el largo de éste. El número de entrenudos es 5-6 por tallo y es bastante constante para todas las variedades. En esta etapa, aún no se alargan los entrenudos superiores. El crecimiento de las raíces alcanza su máximo cuando comienza la formación de entrenudos. En este momento cesa la formación de macollos y

algunos de los macollos ya formados mueren (macollos estériles), pues normalmente se forman más de los que llegan a la madurez (Gamarra, 1996).

Al final de la etapa vegetativa queda definido el primer componente del rendimiento: número potencial de *panojas por ha*. Un buen manejo en esta etapa es fundamental para obtener altos rendimientos (Gamarra, 1996).

2. Etapa reproductiva y número de granos por panojas

Esta etapa se puede dividir en: a) diferenciación del primordio floral, b) embarrigado y c) comienzo de floración.

a) Diferenciación del primordio floral. A partir de la diferenciación del primordio de la panoja, los entrenudos comienzan a elongar rápidamente, la planta abandona el aspecto de pasto y comienza a crecer a tasas muy elevadas. Es posible distinguir el primordio floral dentro del tallo, éste presenta el aspecto de una pequeña llama algodonosa de color blanco que puede ser reconocido haciendo un corte longitudinal en la base del tallo. El entrenudo superior se alarga justo antes de la floración y empuja a la panoja a través de las vainas foliares. En esta etapa, las condiciones climáticas (especialmente la radiación solar y la temperatura), así como las prácticas de manejo (riego), son muy importantes para definir el rendimiento a obtener (Gamarra, 1996).

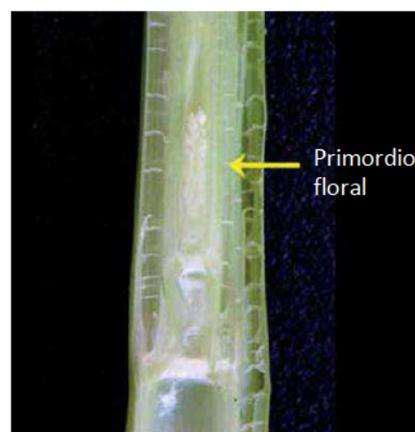


Figura 7. Fase de diferenciación de la panoja

Fuente: González y Zamorano, 2009.

b) Embarrigado o embuchamiento. En este momento, la panoja se encuentra dentro de la vaina de la hoja bandera produciendo un engrosamiento visible. En esta etapa la planta es muy vulnerable a condiciones climáticas adversas especialmente a las bajas temperaturas.

c) Comienzo de floración. La panoja emerge a través de la vaina de la hoja bandera y se hace visible. La polinización ocurre cuando el 15% de las panojas se hacen visibles completamente. La floración propiamente dicha es el período en que las flores se abren, son fecundadas y se cierran; aparecen las anteras, blancas o amarillas en las flores abiertas. Dura de 3 a 5 días luego de la emergencia de la panoja y ocurre desde arriba hacia abajo. Fuertes vientos o bajas temperaturas pueden dificultar seriamente la polinización. El arroz es una planta que se autofecunda. Solo existe un pequeño porcentaje (del 0 al 4%) de fecundación cruzada.

En esta etapa del desarrollo de la planta, se está formando el segundo componente de rendimiento: *número de granos por panoja*.

3. Etapa de llenado y maduración del grano y peso de mil granos

Comienza cuando el 50% de panojas están en floración y termina cuando la humedad promedio del grano es de alrededor de 20%. La pérdida de humedad es gradual y a los 35-40 días luego de la fecundación se considera que el grano ha llegado a la madurez. Los carbohidratos son prácticamente bombeados desde las hojas y el tallo hacia el grano acumulándose, fundamentalmente, como gránulos de almidón en el endosperma. Esta etapa se da en forma paulatina, al principio el grano tiene apariencia lechosa, es la etapa de *madurez lechosa*, luego va perdiendo humedad y se vuelve pastoso: *madurez pastosa* o *cérea*; a medida que pierde humedad el grano se va endureciendo y finalmente no hay más aporte de carbohidratos, etapa de *madurez córnea* (el contenido de agua es menor al 20%). El endosperma se comprime entre lemma y palea que le dan la forma y tamaño final al grano. El grado de llenado y las condiciones climáticas determinan la calidad industrial y culinaria del grano. En esta etapa se determina el último componente de rendimiento: *el peso de mil granos*.

REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO

Requerimientos Climáticos

Para obtener cosechas óptimas el arroz requiere temperaturas suaves (superiores a 12 y 13°C) que resultan el cero fisiológico o temperatura base para las subespecie Japónica e Indica respectivamente (Ideas, 2007).

Tabla 3. Temperaturas críticas en las diferentes etapas de desarrollo del arroz

	Temperaturas críticas (°C)		
	baja	alta	óptima
Germinación	10	45	20-35
Emergencia y establecimiento de plántulas	12-13	35	25-30
Elongación de las hojas	7-12	45	31
Macollaje	9-16	33	25-31
Iniciación de la panícula	15		
Diferenciación de la panícula	15-20	38	
Floración	22	35	30-33
Maduración	12-18	30	20-22

Fuente: Yoshida, 1981.



Durante el período de maduración son necesarias temperaturas elevadas (al menos 20°C durante 25 a 40 días) (Ideas, 2007). Las temperaturas óptimas para el cultivo de arroz se definen de acuerdo al estado de desarrollo de la planta (Tabla 3).

Por lo tanto, para la expresión de su potencial productivo el cultivo de arroz requiere de temperaturas entre 24 y 30°C, además de elevada radiación solar, disponibilidad suficiente de agua y nutrientes.

Requerimientos Fotoperiódicos

En general, el arroz se considera una planta de días cortos, es decir florece cuando la duración de la noche es mayor. Posee un fotoperiodo crítico de 12-14 horas de luz siendo de 10 horas para las variedades más sensibles. Casi todas las variedades presentan mayor precocidad en ambientes de días cortos (Baradas, 1994), no obstante la sensibilidad de las plantas de arroz a la longitud del día difiere entre variedades. En particular las variedades empleadas en la Argentina presentan baja o nula sensibilidad fotoperiódica y en su mayoría responde al termoperíodo (Arguisain, 2006).

Requerimientos nutricionales

Los suelos ideales para el cultivo de arroz son aquellos con textura arcillosa, arcillo arenosa o arcillo limosa, con un pH que oscile entre 5,5 y 6,5. Los suelos arenosos no son aconsejables, pues tienen poca capacidad para retener agua y producen pérdida de nutrientes por lavado.

Los nutrientes que más importancia revisten, como factores limitantes para el arroz son, por su orden, nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y zinc (Zn) (Gamarra, 1996). En mayor proporción que en otros cultivos la productividad del arroz depende de la disponibilidad y eficiencia en la absorción del N, tanto por su contribución directa como por permitir la absorción de otros nutrientes (Norman *et al.*, 2003; Ramírez, 2001). Si bien la extracción de N, P y K es constante a lo largo de todo el ciclo, la fase de macollaje e inicio floral se distinguen por una mayor intensidad de absorción (Gamarra, 1996).

La cantidad de nutrientes removidos del suelo en una cosecha de arroz varía con el cultivar, la producción de biomasa, el suelo, el clima y el manejo, pero constituyen un indicador importante de las necesidades nutritivas de la planta. En la Tabla 4 se indican los requerimientos nutricionales, orientativos, ya que en la bibliografía disponible existe amplia dispersión según la fuente consultada.

Tabla 3. Requerimientos nutricionales para el cultivo de arroz

Nutriente	Requerimiento kg/t grano	Índice de Cosecha	Rendimiento de 6000 kg/ha	
			Necesidad kg/ha	Extracción kg/ha
Nitrógeno	22,2	0,66	133	88
Fósforo	3,1	0,84	19	16
Potasio	26,2	0,1	157	16
Calcio	2,8	0,04	17	1
Magnesio	2,4	0,42	14	6
Azufre	0,94	0,64	6	4
Boro	0,02	0,5	0	0,05
Cloro	9,7	0,43	58	25,03
Cobre	0,03	0,92	0	0,15
Hierro	0,35	0,57	2	1,20
Manganeso	0,37	0,16	2	0,36
Zinc	0,04	0,5	0	0,12
Silicio	51,7	0,19	310	59

Los requerimientos se expresan en términos de kg de nutrientes que deben ser absorbidos por el cultivo para producir una tonelada de grano.

Fuente: De Datta, 1989.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, M. A.; Castrillo, W. A. and Belmonte, U. C. 2006. Rice origin, evolution and diversity. *Agronomía Tropical*; v 56(2):151-170.
- ACPA, 2014. Asociación Argentina de Cultivadores de Arroz. El arroz: Origen <http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/Paginas/elarroz.swf>. Fecha de consulta: 10/12/2014.
- Arguisain, G. G. 2006. Ecofisiología del cultivo de arroz. *In: Benavidez, R.A. El Arroz. Su cultivo y sustentabilidad en Entre Ríos*, v. 1, 326p. Ed. Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER) y Universidad Nacional del Litoral (UNL).
- Arregocés, O. 1987. Guía de Estudio: Morfología de la Planta de Arroz. Reproducción electrónica hecha por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia en 2005, 16pp.
- Baradas, M. W. 1994. Crop requirements of tropical crops. *In: Handbook of agricultural meteorology*. J.F. Griffiths Editor. Oxford Univ. Press. New York. pp. 189-202.
- Chang. T. T. 1976. The origin, evolution, dissemination, and diversification of Asian and African rices. *Euphytica*, v 25 (1): 425-441.

- 
- Chaudhary, R.C.; Nanda, J.S y Tran, D.V. 2003. Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz. Depositos de Documentos de la FAO, 73pag. <http://www.fao.org/docrep/006/y2778s/y2778s02.htm>. Fecha de consulta: 12/11/2014.
- De Datta, S. K. 1989. Rice. Detecting Mineral Nutrient Deficiencies in Tropical and Temperate Crops. *In*: Plucknett, D.L.; Sprague, H.B. (eds.); Westview Press Inc.
- Díaz, E.; Quinteros, C.; Boschetti, G.; Villanova G.; Carñel G. 2009. Evaluación de alternativas para la expansión del cultivo de arroz en la Provincia de Entre Ríos. Resultados experimentales 2008-2009. Ed. Fundación Proarroz; v. XVIII, p. 101-114.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2013. Seguimiento del Mercado de Arroz. <http://www.fao.org/economic/est/publicaciones/publicaciones-sobre-el-arroz/seguimiento-del-mercado-del-arroz-sma/es/>. Fecha consulta: 12/06/2013
- Gamarra, G. 1996. Manual de Producción de Arroz. Ed. Hemisferio Sur, 439 p.
- González, N.; Zamorano, D. 2009. El cultivo de arroz http://www.sap.uchile.cl/descargas/fisiogenetica/fisiologia_del_arroz.pdf. Fecha de consulta: 28/06/2014.
- Ideas. 2007. La Producción y el comercio internacional de arroz. Observatorio de Corporaciones Transnacionales, Boletín nº 16. Córdoba, España enero, 2007. Ed. Ideas Iniciativa de Economía alternativa y solidaria. 56pp.
- Juliano, B. O. 1980. Cap X. Properties of rice caryopsis, pp.403-438. *In*: Luh B. S. Rice production and utilization. Ed AVI Publishing Company, Inc. 924p.
- Juliano, B. O. 1985. Rice Chemistry and Technology. 2nd Edition (edited by B.O. Juliano). American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA; 774 p.
- Katsube-Tanaka, T.; Duldulao, J. B. A.; Kimura Y.; Iida S.; Yamaguchi T.; Nakano, J. and Utsumi, S. 2004. The two subfamilies of rice glutelin differ in both primary and higher-order structures. *Biochimica et Biophysica, Acta* 1699; 95-102.
- Khush, G. S. 1997. Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. *Plant Molecular Biology*; v 35 (1-2): 25-34.
- León, A. E. y Rosell, C. M. 2007. De tales harinas tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. Capítulo 3: Arroz. Córdoba, Argentina. Ed. Baez, 473 pp.
- Norman, R.; Wilson, C.; Slaton, N. 2003. Soil fertilization and mineral nutrition in U.S. mechanized rice culture. *In*: Smith C.W.; Dilday R.H. eds. Rice, origin, history, technology and production. Willey, Inc., Hoboken, New Jersey. USA. p. 331-413.
- Ramírez, C. 2001. Nutrición nitrogenada. *In*: Villalobos E. (ed.) Fisiología de la producción de los cultivos tropicales. EUCR, Universidad de Costa Rica, San José. p. 203-224.
- SAGPyA, 2008. Pagina web de la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/00/agricultura/otros/granos/arroz0405>. Fecha de consulta: 7/10/2008.

- 
- SIIA, 2014. Sistema Integrado de Información Agropecuaria. <http://www.sii.gov.ar/series>. Fecha de consulta; 26/11/2014.
- UNCTAD 2012. <http://www.unctad.org/infocomm/espagnol/arroz/mercado.htm>
- USDA 2008. United States Department of Agriculture World Agricultural Supply and Demand Estimates <http://www.ers.usda.gov>. Fecha de consulta: 7/10/2008.
- Vianna e Silva, M. 1948. O arroz na linguagem dos povos. Procural, Lisboa, Lavoura 1(5): 175-179.
- Vianna e Silva, M. 1952. O arroz na tradição indú. Instituto Riograndense do Arroz, Brasil, Lavoura arroseira, 67: 29-32.
- Yoshida S. 1981. Fundamentals of rice crop science. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute; 269 p.



CAPÍTULO II

EL ARROZ y SU CULTIVO

María Pincioli



Vidal, A. A.

Los sistemas de producción de este cereal varían considerablemente dependiendo de la región. Es así, que existen sistemas de producción bajo riego, en condiciones de secano, y también métodos de siembra diferentes pudiendo ser por trasplante, al voleo, pregerminado y en línea, entre otros (Barkert *et al.*, 1985).

SISTEMAS DE CULTIVO Y SISTEMATIZACIÓN

El arroz admite una gran variedad en sistemas productivos que abarcan desde el secano clásico o sea, un sistema dependiente de los factores ambientales, hasta la siembra aérea con semilla pregerminada y terreno inundado, pasando por el trasplante. Es decir que una clasificación didáctica de estos sistemas puede hacerse en función del manejo del riego. Es por ello que en la conducción de alguno de estos sistemas debe incluirse el conocimiento de las prácticas tendientes a contener el agua de riego dado que éste normalmente se hace por inundación.

El **arroz de secano** es el sistema predominante en Latinoamérica, excepto en la Argentina donde se hace bajo riego. Este depende del régimen pluviométrico, no habiendo suplementación artificial con riego. Este sistema a su vez admite una variante que es el **secano favorecido** que implica un cierto movimiento del suelo para contener esa agua de lluvia y así poder utilizarla en la medida de las necesidades. Este sistema incluye la siembra en tierras bajas que aprovecha el desborde de los ríos.

Todos los demás sistemas son bajo alguna situación de riego suplementario y se pueden distinguir según se haga un sistema de siembra directa o trasplante. En el primero de ellos la siembra es directa con sembradora como si fuese maíz o trigo, mientras que en el segundo se realiza un almácigo y luego los plantines se llevan a mano o con trasplantadoras mecánicas, al terreno definitivo que ya se halla inundado al momento del trasplante. Este sistema, con ventajas y desventajas, es practicado en los sistemas intensivos del sudeste asiático.

El otro gran sistema de producción es la siembra directa con avión sobre el terreno inundado, usando semilla pre-germinada. Este es el sistema más tecnificado y requiere de una minuciosa sistematización del terreno.



Figura 1. Trasplantadora de arroz china.



Es un cultivo dependiente de una fuente de agua suficiente (de pozo, de lluvia, de ríos o agua superficial) y de fácil acceso. En general el período de inundación del cultivo va desde macollaje –unos 30 días luego de la emergencia- hasta dos semanas antes de la cosecha. Esto implica unos 90-100 días en los que el arroz permanece inundado.

Sistematización. Los sistemas que utilizan agua suplementaria requieren una tarea previa de nivelación y sistematización. El primero prevé el pasaje de una niveladora para eliminar micro relieves y así favorecer la lámina de agua eliminando pequeños montículos de tierra que pueden ser reservorios para plagas y malezas. La sistematización es la construcción de algunas obras para conducir, contener el agua de riego y evacuar la producción.

Uno de los elementos es la construcción de canales o valetones que llevan el agua desde la fuente superficial o subterránea hasta la arrocera. Los canales secundarios distribuyen el agua en la arrocera y pueden recorrer la cabecera o atravesar el lote según la pendiente del terreno y debe preverse la construcción de canales de desagote. Estos canales deben ser contruidos anchos y poco profundos a fin de favorecer la escorrentía y a su vez atemperar el agua a fin de que esta temperatura no afecte a la planta de arroz, sobre todo si la fuente de agua es subterránea.

Otro elemento son los denominados bordes o “taipas” que son líneas de tierra que sirven para contener el agua en los “cuadros” de cultivo. Se pueden distinguir las taipas rondas que rodean la arrocera impidiendo que el agua invada otros lotes y las taipas internas. Estas últimas se construyen siguiendo las curvas de nivel, con un desnivel que no supere los 3 centímetros en campos planos, y hasta 15 centímetros en campos con mucha pendiente. Los elementos para su construcción son un tractor con un nivel láser montado y un elemento llamado arado tripero que construye las taipas, de manera que el láser busca los puntos de igual cota y el taipero atrás va levantando los bordes. Es muy importante que los bordes sean lo más bajos posibles (13 a 17 centímetros de altura), de esta manera se puede pasar sin problemas por arriba de las taipas con los equipos, fertilizadora, pulverizadora y sembradora, sin que se rompan los equipos y las taipas (Kraemer *et al.*, 2005). Una arrocera bien nivelada no requiere bordes demasiado altos porque será capaz de mantener un pequeño pelo de agua de no más de 5-7 cm en todo el cuadro, sin zonas demasiado profundas que den lugar a la instalación de alguna plaga o zonas donde el agua no llegue y puedan enmalezarse.

El tercer elemento importante y que forma parte de la sistematización del lote es la construcción de los caminos. Estos deben ubicarse en lugares altos del lote, ser anchos y abovedados para favorecer la circulación de vehículos pesados como tractores, carritos y eventualmente, cosechadoras.



Figura 2. A) Taipas, B) Cultivo en curvas de nivel.

PRACTICAS CULTURALES

Siembra

a) *Época*. En la zona productora de Corrientes, Chaco y Formosa la época de siembra se extiende desde septiembre, en el norte, hasta mediados de diciembre en el sur. En Entre Ríos (zona sur), los mejores resultados se obtienen con siembras que van del 15 de octubre al 15 de noviembre, si bien la época es algo más extensa (Figura 3). La fecha depende de factores tales como la temperatura y la humedad. La temperatura mínima del suelo debe ser de 17°C; cuando es inferior, la germinación se retrasa y se vuelve despereja, aumentando el riesgo de ataque de hongos e insectos y la proliferación de malezas. Cuando por falta de humedad la semilla no germina, para favorecerla, se practica un “baño” o riego rápido, sin inundación (Guía de Trabajos Prácticos de Cerealicultura, 2001).

b) *Densidad*. Aún dentro de la época recomendada de siembra, la densidad puede tener variaciones en función de la variedad, del método de siembra, del vigor y porcentaje de germinación de la semilla, de las condiciones climáticas y del grado de preparación del suelo (Gamarra, 1996). En términos generales una densidad de plantas ideal debería estar entre 250 y 300 plantas por m². La cantidad de semilla depende del tipo de grano, del tipo de suelo y del sistema de siembra (en línea o al voleo) en general varía entre 180 y 230 kg/ha.



Figura 3. Sembradoras trabajando sobre las taipas con altura correcta.



Características de los suelos inundados. La inundación del suelo provoca una serie de cambios en sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas que afectan el desarrollo de las plantas. Estos cambios influyen de manera importante en la absorción de nutrientes por parte de las plantas, así como en la disponibilidad o pérdida de estos. Al inundar el suelo se forma una capa de 15 a 20 cm de espesor que se conoce como *capa reducida*, anaeróbica, sin oxígeno. Allí se encuentra la mayor parte de las raíces de las plantas de arroz. En esta capa los poros y los agregados se saturan de agua, las arcillas se expanden y comprimen el aire de los poros, la disponibilidad de oxígeno se hace mínima y el pH tiende a estabilizarse en 6,5 y 7,5. Esto último incrementa la asimilación del fósforo, aumenta la tasa de desmineralización de la materia orgánica y la destrucción de ácidos orgánicos, decrece la concentración de CO₂, de hierro y aluminio, metales cuyo exceso, fundamentalmente en suelos ácidos, puede resultar tóxico para las plantas (Gamarra, 1996).

Fertilización

La fertilización se ha consolidado como una práctica común en el cultivo de arroz. El nitrógeno es el nutriente por excelencia y la fuente nitrogenada más utilizada es la urea. En numerosos trabajos se muestra la conveniencia de utilizar esta fuente dado que posee el N en forma amónica y no se ve afectado significativamente por la desnitrificación en un ambiente reductor como el del arroz (Quintero *et al.*, 2011). La eficiencia del nitrógeno aplicado como fertilizante es muy baja. Solo se aprovecha entre un 20 y un 60 % dependiendo de las condiciones (Gamarra, 1996). La inundación estabiliza la forma amonio (NH₄⁺) y desestabiliza la forma nitrato (NO₃⁻). La planta de arroz puede absorber las dos formas de nitrógeno. La alternancia de condiciones aeróbicas y anaeróbicas del suelo debido a la alternancia de inundación y secado del mismo, provoca tanto la nitrificación como la desnitrificación con las consiguientes pérdidas, tanto del N del suelo como del fertilizante. También pueden ocurrir pérdidas de NH₄⁺ por volatilización o lavado. La volatilización es el pasaje de NH₄⁺ a NH₃ (amoníaco gas). Este fenómeno es muy importante en el caso de usar productos que contienen NH₄⁺ como la urea, cuando la aplicación de fertilizantes se realiza en el agua. La incorporación del fertilizante puede hacerse en suelo seco y luego inundar para llevarlo, mediante el agua, a la capa reducida (Figura 4). De esta manera el NH₄⁺ se vuelve estable y disponible para la planta por bastante tiempo. En la actualidad hay una opinión generalizada que sostiene que la aplicación de nitrógeno debe ser fraccionada en 2 o 3 etapas para lograr una mejor eficiencia de uso y para que este nutriente no falte en los momentos decisivos del ciclo de la planta. Según Evatt y Hodges (1975), el fraccionamiento de la dosis de nitrógeno se hace necesario porque: a) es difícil determinar la dosis necesaria antes de la zafra, b) las

dosis altas aplicadas sin fraccionar pueden incrementar el vuelco y provocar una mayor infestación de malezas, c) pueden reducir las pérdidas del nutriente, especialmente en los suelos mas livianos. Las fuentes más indicadas son las amoniacales, tales como sulfato de amonio, fosfatos mono y diamónico, y las amídicas como la urea. Las dosis de urea recomendadas varían entre 50 y 70 kg de N/ha en total. La bibliografía internacional indica que lo más conveniente es hacer una aplicación pre riego o aplicar entre un 50 % a 65 % de la dosis en pre riego y el resto en diferenciación floral. Las recomendaciones que surgen a partir de las investigaciones en Estados Unidos, muestran que la fertilización, previo a la inundación, es la más efectiva si se realiza sobre suelo seco y se inunda antes de los 5 días de aplicado el N (Quintero *et. al*, 2011).



Figura 4. Fertilizadora aplicando urea sobre taipasbajas.

Otras prácticas de manejo de la nutrición, actualmente muy difundidas son: la utilización de *Azospirillum*, y la *asociación simbiótica entre Azolla sp.* y la cianobacteria filamentosa *Anabaena sp.* En el caso particular de *Azospirillum*, está demostrado que el efecto beneficioso de la asociación es debido, mayoritariamente, a la capacidad que posee la bacteria de producir fitohormonas que determinan un mayor desarrollo del sistema radical y, por tanto la posibilidad de explorar un volumen más amplio del suelo (Paredes, 2013). *Azolla* es un helecho acuático que alberga en las cavidades que posee en la base de la fronda, una cianobacteria del género *Anabaena*. Esta simbiosis tiene un alto potencial como abono verde en el cultivo de arroz en zonas tropicales, fijando aproximadamente 600 kg de nitrógeno por hectárea por año, en condiciones óptimas de temperatura, luz y composición química del sustrato. En la actualidad se produce en forma comercial en China y Vietnam (Montaño Armijos, 2005).

Cosecha

Esta es una etapa fundamental ya que en ella se materializa el esfuerzo de toda la campaña. Se realiza a principios del otoño, generalmente durante el mes de marzo, aproximadamente 45 días después de panojamiento (Vidal *et al.*, 2001). La maduración del arroz depende básicamente de las características genéticas de la variedad, de las condiciones climáticas y del manejo del cultivo. Se inicia con el terreno inundado. Se efectúa con corta trilla convencional para grano fino con alguna modificación en la tracción y en el cuerpo del cilindro-cóncavo. Comienza con alrededor del 23-25 % de humedad en grano (cosecha anticipada) para prevenir roturas de grano (Guía de Trabajos

Prácticos de Cerealicultura, 2001). El arroz que se cosecha mucho después de la madurez fisiológica del grano, sufre mermas en la calidad y en el rendimiento por desgrane, daño de pájaros y vuelco. Luego del momento óptimo de maduración, el grano sufrirá procesos de contracción y expansión debido a las temperaturas contrastantes entre el día y la noche y por efecto de rocío o lluvia de ese periodo. Este proceso aumentará el porcentaje de grano quebrado y puede incrementar el porcentaje de granos manchados (Gamarra, 1996).



Figura 5. Cosecha de arroz.

ADVERSIDADES DEL CULTIVO

MALEZAS

Las principales malezas en nuestro país son:

1. **Gramíneas anuales.** Son las más importantes desde el punto de vista económico.

Arroz rojo. Es un complejo de maleza conformado por numerosas especies del género *Oryza*: entre ellas las especies salvajes como *Oryza perennis*, *O. nivara*, *O. rufipogon* y *O. longistaminata* que comparten el mismo genoma y pueden ser fácilmente cruzadas con las especies cultivadas de *O. sativa* (FAO, 2004), por lo que su control resulta dificultoso. El arroz colorado florece y fructifica hasta mediados de otoño pero más precozmente que el arroz cultivado y se propaga por semilla que suele conservar su poder germinativo hasta aproximadamente unos 8 años en tierras no trabajadas. Son plantas altas que compiten



Figura 6. Arroz rojo en los primeros estadios.

especialmente por luz y nutrientes (Figura 6). Tiene gran rusticidad y se desgrana fácilmente (Gamarra, 1996). Durante la trilla, la semilla es difícil de separar y se castiga como semilla estriada. La forma de control actual es sembrar semilla certificada (libre de esta maleza) o en lotes muy infectados utilizar variedades resistentes a Imidazolinonas. Las imidazolinonas son una familia de herbicidas que controlan esta maleza en forma selectiva. Esta tecnología resulta ser muy eficiente en zonas con una alta infestación, aunque debe complementarse con

otras prácticas como la rotación, dado que el monocultivo con variedades “imi” puede provocar la fuga génica hacia el arroz colorado con la aparición de resistencia a las imidazolinonas en éste.

Capín. Incluye diferentes especies del género *Echinochloa* y es la principal maleza del cultivo a nivel mundial (Gamarra, 1996).



Figura 7. A) Capín - *Echinochloa crusgalli*, B) Pasto colorado - *Echinochloa colonum*.

Echinochloa crusgalli L. Es la principal causa de reducción de rendimientos en el mundo. Demuestra gran adaptación a las más diversas condiciones climáticas, culturales y ecológicas. Es una gramínea anual que se reproduce por semilla y su ciclo coincide con el del arroz (Figura 7). En su fase vegetativa es similar a la planta de arroz. Su hoja es glabra y posee una nervadura central blanca. Durante el estadio de plántula compiten especialmente por luz y nutrientes por su gran tamaño y expansión y durante la cosecha porque incorpora materia verde y humedad al grano.

Echinochloa colonum o *colona*. Su incidencia es menor que *E. crusgalli*. Es de menor porte y menos agresiva, pero compite por espacio, luz y nutrientes.



3. Cyperaceas

Cyperus (*Cyperus rotundus*, *C. esculentus*, *C. difformis*). Se trata de plantas perennes, de difícil control ya que muchas de ellas se propagan por bulbos, tubérculos, rizomas y estolones (Figura 8D). Algunas tienen gran capacidad de sobrevivencia en condiciones adversas y soportan altas temperaturas (Gamarra, 1996).

Control de malezas

Los capines constituyen un problema relevante en las zonas productoras de arroz. La base del control, sin descuidar aspectos tales como la rotación de cultivos, distancia y densidad de siembra, manejo de la fertilización y el riego, nivelación y drenaje de los lotes, radica en la utilización de semilla de calidad y aplicación de diversos herbicidas. Se utilizan numerosos compuestos, muchos de los productos utilizados son gramínicas, algunos se descomponen rápidamente en la planta de arroz y en otros se logra la selectividad, mediante el ajuste de la dosis y evaluando las condiciones ambientales y de desarrollo del cultivo. Se realizan tratamientos pre y pos emergencia, con predominio del uso de gramínicas. En preemergencia se utiliza clomazone, pendimetalin y molinate. En post-emergencia temprana: antes de la cuarta hoja de arroz y el capín de 2-4 hojas, se utiliza propanol, solo o en mezcla con molinate, quinclorac, pendimetalin y clomazone. En post-emergencia media, cuando el arroz tiene su cuarta hoja, aparecen las raíces adventicias, se aplica molinate y quinclorac. En post-emergencia tardía, los herbicidas se aplican desde que el arroz tiene cuatro hojas hasta macollaje y el capín hasta 30 cm de altura; se utiliza fenoxaprop P-etil. A su vez en el mercado se han registrado otros productos tales como bispyribac sodio y clefoxydin ácido para el control de gramíneas con selectividad para el arroz. El glifosato, herbicida sistémico no selectivo, se utiliza en presembrado. En post-emergencia, para el control de malezas de hoja ancha, se utiliza 2,4D, herbicida sistémico y para ciperáceas y malezas de hoja ancha bentazon, herbicida de contacto (Sabattini *et al.*, 2006).

PLAGAS

Chinches del arroz.

Se trata de dos insectos (*Oebalus* sp. y *Timbraca limbativentris*), que causan graves daños en el arrozal e incluso en el arroz pulido (Figura 9).

Chinches de la espiga es el nombre dado a insectos de varias familias del orden Hemiptera. El género *Oebalus*, es uno de los más importantes por el daño que causa al cultivo del arroz (Figura 9A). Los adultos y ninfas de la chinche de la espiga succionan los jugos del grano de arroz durante el estado de llenado y maduración del grano, ocasionando granos vanos o estériles y manchados. Los granos manchados son consecuencia del ataque posterior de hongos. Los granos dentro de la cáscara quedan

deformados o debilitados y se quiebran durante el proceso del trillado, bajando la calidad del producto (Guharay, 2014).

Chinche del tallo (*Tibraca limbativentris* Stal). Los daños que ocasiona la *Tibraca* al cultivo del arroz son producidos al introducir su estilete y succionar la savia de la planta (Figura 9B). Los provocan tanto las ninfas como los adultos, desde los inicios del cultivo, en el macollaje hasta el inicio de la maduración del grano. *Tibraca* chupa los macollos jóvenes, por ende, succulentos y jugosos, ocasionando el daño denominado “Corazón Muerto”, que provoca el marchitamiento de la hoja. En la etapa de la floración, se hace visible el síntoma denominado “blanqueamiento de las espigas”. A la vez que la *Tibraca* chupa la savia, también introduce o inyecta una saliva tóxica hedionda (Kruger, 2014).



Figura 9. A) Chinche de la espiga - *Oebalus sp.* B) Chinche del tallo - *Tibraca limbativentris*.

Gorgojo acuático del arroz. Este insecto se conoce también como: "Picudo acuático del arroz" o "Gorgojito de agua" o bichera de la raíz (Figura 10). Si bien son diversas las especies que pueden alimentarse del arroz *Oryzophagus oryzae* se comporta como plaga, y se encuentra en todas las zonas productivas del país. Otra especie presente en la región, *Lissorhoptrus tibialis*, aparece en niveles poblacionales de escasa consideración. Los adultos se alimentan de las hojas de arroz en tanto que las larvas, que ocasionan los daños mayores, lo hacen de las raíces. Luego de copular fuera del agua, las hembras nadan hasta las raíces del arroz donde realizan pequeñas incisiones con sus mandíbulas en cada una de las cuales depositan un huevo. El daño principal es ocasionado por las larvas; se alimentan de las raíces de las plantas



Figura 10. Gorgojo acuático del arroz- *Oryzophagus oryzae*.

hospedantes, impiden el desarrollo de éstas, y la absorción de nutrientes. Las plantas atacadas presentan poco vigor y desarrollo, color amarillento y se seca la punta de las hojas (ACA, 2014).

Lagarta de la hoja (*Spodoptera frugiperda*). Casi siempre atacan en el periodo vegetativo antes de al entrada del agua de inundación. Su presencia se nota por las hojas comidas y deyecciones. Debido a que aparece en gran número y va atacando en franjas al cultivo recibe la denominación de lagarta militar. Además de alimentarse de las hojas corta el tallo a nivel del suelo. Las larvas recién salidas son blancas con la cabeza negra. A mediada que crecen, su color es verde a negro con una banda blanca a cada lado y por debajo una banda amarilla (Gamarra, 1996).

Barrenador del arroz. Se trata de un lepidóptero (*Diatraea saccharalis*) de hábitos crepusculares, cuyas larvas perforan las cañas para alimentarse de los tejidos internos de la planta de arroz (Figura 11). Esto provoca un debilitamiento importante de las plantas afectadas, de tal manera que las panojas son significativamente menos productivas. Los daños son ocasionados por las larvas, que perforan las cañas para alimentarse de los tejidos internos, en ocasiones no tiene suficiente solidez para aguantar el peso de la planta y se tumba.



Figura 11. Barrenador del tallo - *Diatraea saccharalis*.

Sogata. Se trata de un insecto *Tagasodes orizicolus* que causa dos tipos de daño en la planta de arroz (Figura 12). Primero, el daño mecánico, que lo hace tanto por su hábito alimenticio chupador como por el proceso de oviposición y segundo la transmisión del



Figura 12. Sogata - *Tagasodes orizicolus*.

Virus de la Hoja Blanca. Ocasionan pérdidas severas en el cultivo, llegando a afectar en casos extremos hasta el 100% de las plantas, cuando la variedad cultivada es susceptible al virus. Ataques severos ocasionan amarillamiento en las hojas que se observan como manchas en los campos atacados. En las plantas infectadas pueden observarse después, formación de fumagina, por las secreciones azucaradas de los insectos (Heros Aguilar, 2013).

Control de plagas

Para el control de insectos se deben tener en cuenta medidas de manejo convenientes, entre ellas:

- Inundación y drenaje oportunos. El manejo del agua es un elemento que ayuda en el caso de las lagartas defoliadoras (*Spodoptera* sp.) y del barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*). Si es posible dar un riego temprano, se pueden reducir las poblaciones de estos insectos.
- Por otro lado, el agua de inundación favorece el ataque del gorgojo acuático del arroz. El drenaje de la chacra por algunos días, cuando se presenta el problema, es una alternativa que debe ser analizada ya que reduce su población e impide nuevas posturas de huevos del gorgojo. Una buena nivelación permite un manejo de la lámina de agua baja, que resulta mejor para el control de esta plaga.
- Eliminación de restos vegetales a través de pastoreo intenso, destrucción de taipas y laboreo de verano.

Cuadro 1. Algunos insecticidas registrados para las plagas de arroz

INSECTICIDA (Principio activo)	Dosis (g de i.a./ha)	Categoría toxicológica
LAGARTA DE LA HOJA (<i>Spodoptera frugiperda</i>)		
<i>Bacillus thuringiensis</i>	400 a 600	IV
Betaciflutrin	3 a 6	II
Carbaril	900 a 1300	III
Cipermetrina	20 a 25	III
Endosulfan	400 a 900	II
Fenitrotion	500 a 1000	II
Permetrina	50	III
Triclorfom	400 a 1000	II
GORGOJO ACUÁTICO DEL ARROZ (<i>Lissorhoptrus oryzophilus</i>)		
Carbofuran granulado 5G	50 a 100	II
TALADRO DEL TALLO (<i>Elasmopalpus lignosellus</i>)		
Clorpirifos	480 a 600	II
Diazinon	1500 a 2400	II
Endosulfan	500 a 1000	II
TALADRO DEL TALLO (<i>Diatraea saccharalis</i>)		
<i>Bacillus thuringiensis</i>	400 a 600	IV
Monocrotofos	480 a 800	I

Fuente: Gamarra 1996.

- Uso de variedades adecuadas. Las variedades precoces tienden a ser más dañadas por el gorgojo acuático del arroz ya que se inundan más temprano.
- Época de siembra. Las chacras con siembras más tempranas suelen ser más atacadas por el gorgojo ya que reciben la mayoría de los adultos que salen de la hibernación.

El **control biológico** como método de control es posible, pero el desarrollo de productos es difícil y costoso (Gamarra, 1996).

Antes de realizar un **control químico**, se debe tener claro cuál es el nivel de daño económico del ataque de un insecto-plaga, cuáles son los productos que lo controlan eficientemente y dentro de éstos, cuáles son los menos tóxicos para el hombre, el ambiente y selectivos para los enemigos naturales de dicho insecto. En el Cuadro 1 se presentan algunos de los insecticidas que pueden ser utilizados contra los insectos más importantes (Gamarra, 1996).

ENFERMEDADES FÚNGICAS

Pyricularia. A nivel mundial, la enfermedad de mayor incidencia económica es *Pyricularia grisea* L. llamada brusone o quemado del arroz. Se encuentra en todos los agroecosistemas de los trópicos y de las zonas templadas en que se cultiva el arroz comercialmente. Todas las partes de la planta que crezcan sobre el nivel del suelo pueden ser atacadas por este hongo. Las lesiones foliares comienzan como pequeños puntos color café circundados muchas veces por un halo amarillento. Conforme avanza la enfermedad, las manchas se agrandan y toman forma de rombos o diamantes, alargadas con extremos puntiagudos (Figura 13).



Figura 13. *Pyricularia oryzae*. Daño en hoja y en panoja.

Con la esporulación del hongo, las manchas pasan a tener un color grisáceo en el centro, con un borde marrón rojizo. Las manchas progresan, se hacen confluentes y terminan atizonando toda la hoja y, en casos severos, toda la planta, provocando su

muerte y dando un aspecto de planta quemada. El ataque en el cuello de la panoja (nudo ciliar) es responsable de la mayor parte de los daños causados por la enfermedad en nuestro país, produciendo el quiebre de la panoja y la muerte de los granos. En Argentina se presenta en forma esporádica y cuando lo hace puede ocasionar la pérdida total de los rendimientos.

En Argentina, las enfermedades en orden de importancia son:

Putridión del tallo (*Sclerotium oryzae*). Es la más difundida en el país (Pedraza *et al.*, 2009). Se inicia en la vaina, al nivel del agua, con lesiones oscuras. Provoca una podredumbre en el tallo que genera senescencia prematura y posterior vuelco de las plantas. En la parte interna y externa de la vaina afectada de arroz se observan pequeños esclerocios negros que pueden sobrevivir por mucho tiempo en el suelo (Figura 14 A).

Manchado de la vaina (*Rhizoctonia* sp.= *R. solani*, *R. oryzae*, *R. oryzae-sativae*). Es una enfermedad causada por un complejo de hongos que producen lesiones elípticas o irregulares de color blanco grisáceo en la vaina foliar, encima de la superficie del agua (riego) o del suelo (secano). En ataques severos, producen la muerte de vainas y de hojas, y por último, el vuelco de las plantas. (Figura 14 B).



Figura 14. A) Putridión del tallo (*Sclerotium oryzae*), B) Manchado de la vaina (*Rhizoctonia* sp., C) Putridión de la vaina (*Sarocladium oryzae*).

Putridión de la vaina (*Sarocladium oryzae*, *Acrocyndrium oryzae*). Los daños se visualizan en las vainas de las hojas superiores, particularmente en la llamada hoja bandera, en forma de manchas oblongas con centros grises y bordes marrones, llegando en algunos casos, a cubrir toda el área de la vaina. En infecciones severas, las panículas no

emergen totalmente o lo hacen parcialmente acompañadas por pudriciones que impiden la producción de granos (Figura 14 C).

Manchado del grano. Es producido por un complejo de hongos de campo (*Alternaria*, *Nigrospora* sp., *Epicoccum* sp., *Bipolaris* sp., *Curvularia* sp., *Cladosporium* sp., *Fusarium graminearum*) y de almacenaje (*Penicillium* sp. y *Aspergillus* sp.) entre otros (Pinciroli *et al.*, 2013). Es importante por su amplia distribución e incidencia en los cultivos de arroz. Su síntoma consiste en manchas o decoloraciones sobre los granos de arroz. La enfermedad afecta los componentes de calidad del producto: provoca disminución del número de granos por panoja, del peso de los granos, del poder germinativo, del vigor y tamaño de las plantas; mayor porcentaje de granos quebrados, yesosos, defectuosos y manchados, pudiendo producir toxinas en almacenaje.



Figura 15. Manchado del grano.

Control de enfermedades

Para el desarrollo de una enfermedad son necesarias tres condiciones:

- una planta susceptible,
- un organismo que la cause (patógeno),
- un ambiente favorable para que se desarrolle la enfermedad.

El uso de variedades tolerantes o resistentes a las enfermedades más comunes en la zona, así como una fertilización balanceada, modifican el primer punto mencionado favoreciendo a las plantas y disminuyendo la posibilidad de ataque de enfermedades. La destrucción del rastrojo luego de la cosecha, cuando es posible, así como el uso de fungicidas, disminuyen la cantidad de inóculo presente y reducen la posibilidad de infección. Las condiciones ambientales que favorecen a las enfermedades se podrán alterar adoptando prácticas culturales entre las que se pueden mencionar:

- Dimensionar de manera adecuada las estructuras de riego, de manera de proveer agua suficiente y en el momento adecuado para el cultivo,
- buena nivelación del suelo para lograr una lamina de agua de profundidad uniforme,
- destruir los restos de rastrojo,

- buena preparación de la tierra,
- usar semilla de buena calidad,
- evitar una excesiva densidad de plantas, mejorando la aireación y la entrada de luz al cultivo,
- controlar las malezas temprano, realizar una fertilización equilibrada para no provocar un crecimiento demasiado vigoroso y
- cambiar de variedades susceptibles cada pocos años para evitar la aparición de diferentes razas de hongos sobre todo en el caso de *Pyricularia oryzae*.

De manera que el control de enfermedades debe ser realizado integrando prácticas de manejo adecuadas con el uso de variedades más resistentes y con la posible utilización de fungicidas cuando las circunstancias lo requieran (Gamarra, 1996).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACA, 2014. Revista de la Asociación de Cultivadores de Arroz. 2014. <http://www.aca.com.uy/oldsite/revista/numero55/gorgojo>. Fecha de consulta: 26/11/2014.
- Barkert, R.; Herat. R. W. and Rose, B. 1985. Asian rice farming systems. En: The rice economy of Asia. Barker, R., Herat. R.W (eds). Ed. Resource for the future. Washington. U. S. p. 14–35.
- Evatt, N. S. and Hodges, R. J. 1975. Developing efficient Systems of fertilization of rice. Six Decades of Rice Research in Texas. Texas Agricultural Experiment Station, pag 31.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2004. Manejo de malezas para países en desarrollo. Addendum I. Estudio FAO Producción Y Protección Vegetal, editor Labrada R. Roma, 338p. <http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s09.htm>
- Gamarra, G. 1996. Manual de Producción de Arroz. Ed. Hemisferio Sur, 439 p.
- González, N. y Zamorano, D. 2009 el cultivo del arroz– http://www.sap.uchile.cl/descargas/fisiogenetica/fisiologia_del_arroz.pdf Fecha de consulta: 14/11/2014.
- Guharay, F. 2014. Hoja Técnica: Biología, daño y manejo de *Oebalus insularis*, la chinche de la espiga del arroz <http://web.catie.ac.cr/informacion/rmip/rmip51/ht51.html>, Fecha de consulta: 14/1/2014.
- Guía de Trabajos Prácticos. 2001. Cátedra de Cerealicultura, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata.
- Heros Aguilar, E. 2013. Asistencia técnica dirigida en manejo agronómico del Manejo Agronómico en el Cultivo de arroz, Guía técnica, UNALM; Extensión y Proyección Social, 24p.

- 
- Kraemer, A.; Moulin, J. F.; Marín, A. R.; Kruger, D. y Herber, L. 2005. Manual del aguador Arroceros: Principios básicos para el Manejo del Riego en el cultivo de Arroz, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 24p.
- Kruger, R. Plagas en cultivo del arroz Proyecto ARROZ – INTA. <http://es.scribd.com/doc/77493282/Plagas-en-El-Cultivo-Del-Arroz>. Fecha de consulta: 14/1/2014.
- Montaño Armijos, M. 2005. Estudio de la aplicación de Azolla-Anabaena como bioabono en el cultivo de arroz en el Litoral ecuatoriano. Revista Tecnológica ESPOL ISSN: 0257-1749, 18 (1): 147-151.
- Paredes, M. C. 2013. Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias UCA, Biblioteca Digital de la Universidad Católica Argentina, 114p.
- Pedraza, M. V.; Asselborn, M. N.; Liberman, C. A.; Restelli, Y.; Clemente, G. E. 2009. Avance en el estudio del control biológico de enfermedades de tallo y de vaina en arroz con *Pseudomonas fluorescentes*. Resultados experimentales 2008-2009. Ed. Fundación Proarroz, vol XVIII: 83-88.
- Pincirolí, M.; Gribaldo, A.; Vidal, A. A.; Bezus, R.; Sisterna, M. 2013. Mycobiota evolution during storage of paddy, brown and milled rice on different genotypes. Summa Phytopathologica., Botucatu, 39 (3): 157-161.
- Quintero, C. E.; Prats, F.; Zamero, M. A.; Arévalo; E. S.; Spinelli, N. B. y Boschetti, G. N. 2011. Absorción de nitrógeno y rendimiento de arroz con diferentes formas de nitrógeno aplicado previo al riego. Ciencia del suelo, v (29) 2: 233-239.
- Sabattini, R. A.; Sione, S. M.; Dorsh, F. A.; Lallana, V. H. y Anglada, M. M. 2006. Las malezas y su control en el cultivo de arroz en Entre Ríos. In: Benavidez, R.A. El Arroz. Su cultivo y sustentabilidad en Entre Ríos, v. 1, 326p. Ed. Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER) y Universidad Nacional del Litoral (UNL).
- Vidal, A. A.; Carbone, A., Echeverst, P. 2001. Efecto de las condiciones ambientales de La Plata (Buenos Aires, Argentina) sobre algunos aspectos de la calidad industrial del grano de arroz. Revista Argentina de Agrometeorología; 1 (1): 63-66.



CAPÍTULO III

PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS DE ARROZ

María Pincioli



<http://cuadernodeloscaminos.blogspot.com.ar/2013/09/la-diosa-del-arroz.html>

INTRODUCCIÓN

El arroz es uno de los cereales más consumidos por el hombre en el mundo. En Argentina, como en la gran mayoría de los países consumidores, el uso más difundido de este cereal es como grano entero, pulido constituido fundamentalmente por el parénquima amiloproteico. En los últimos años el consumo de productos no tradicionales se ha incrementado y esto obedece a diferentes causas, entre ellas, la creciente demanda de alimentos saludables, más convenientes y el interés que se ha despertado por los productos étnicos. La industrialización del arroz ha permitido la obtención de más de 2000 productos diferentes en el mundo (FAO, 2007).

SUBPRODUCTOS DE MOLINO

El proceso de industrialización tradicional del arroz, involucra las actividades que transforman el arroz cáscara (materia prima) en arroz elaborado (blanco o pulido). El molino elimina en primera instancia, la cáscara, resultado de este proceso es el arroz integral, luego elimina el salvado (constituido por el embrión, aleurona, tegumento y pericarpio) quedando finalmente el grano pulido, constituido por el grano entero y el quebrado. Como co-productos de la industria molinera del arroz se obtienen otras fracciones como el arroz partido y el salvado de arroz. A partir de estos productos se pueden obtener ingredientes que, presentando buenas propiedades nutricionales y funcionales, constituyen un aporte para la industria alimenticia.

ARROZ INTEGRAL

En la actualidad se está incentivando el consumo de arroz integral (formado por el endosperma, incluyendo además la capa aleurona, el embrión y el pericarpio). Los granos enteros son ricos en fibra, vitaminas del complejo B, minerales, tocoles y fitonutrientes. Estudios epidemiológicos demuestran una relación inversa entre las raciones ingeridas diariamente de granos enteros o de alimentos que los contienen y el riesgo de desarrollar enfermedades crónicas no transmisibles como la enfermedad cardiovascular, diabetes tipo 2 y cáncer (Nelina y Ruíz, 2005). El efecto protector parece estar mediado por la



Figura 1. Arroz integral

acción combinada y sinérgica de los diferentes compuestos encontrados en los granos enteros. La ingesta de granos enteros puede contribuir a elevar la capacidad antioxidante corporal por lo que, posiblemente, sea uno de los mecanismos a través de los cuales los granos enteros prevengan tales enfermedades. Entre los antioxidantes encontrados en los granos se cuentan los ácidos fenólicos, flavonoides, tocoferol, tocotrienoles, selenio, zinc, fibra soluble y ácido fítico (Nelina y Ruíz, 2005) (Figura 1).

ARROZ PULIDO

GRANO ENTERO

Arroz parbolizado

El arroz parbolizado es el arroz que se obtiene después de realizar un proceso de cocción húmedo y secado del arroz con cáscara. Es de color ligeramente más amarillo que el arroz blanco pulido (Figura 2). El grano de arroz con cáscara (tal cual viene del campo) se lo limpia de materias extrañas, se lo clasifica por tamaño y se lo somete a un remojo en agua hasta 70°C (por debajo de la temperatura de gelatinización del almidón) hasta alcanzar una humedad del 31-34%. Luego se seca en varios pasos hasta una humedad de 10-12%. Por último se elimina la cáscara y el salvado. Debido a las condiciones del proceso, se producen cambios en el grano: se mejoran los parámetros de cocción, el aspecto nutritivo y el aspecto sanitario dado que actúa a modo de esterilización del grano. El grano sancochado, mejora el rendimiento industrial debido a que el proceso actúa



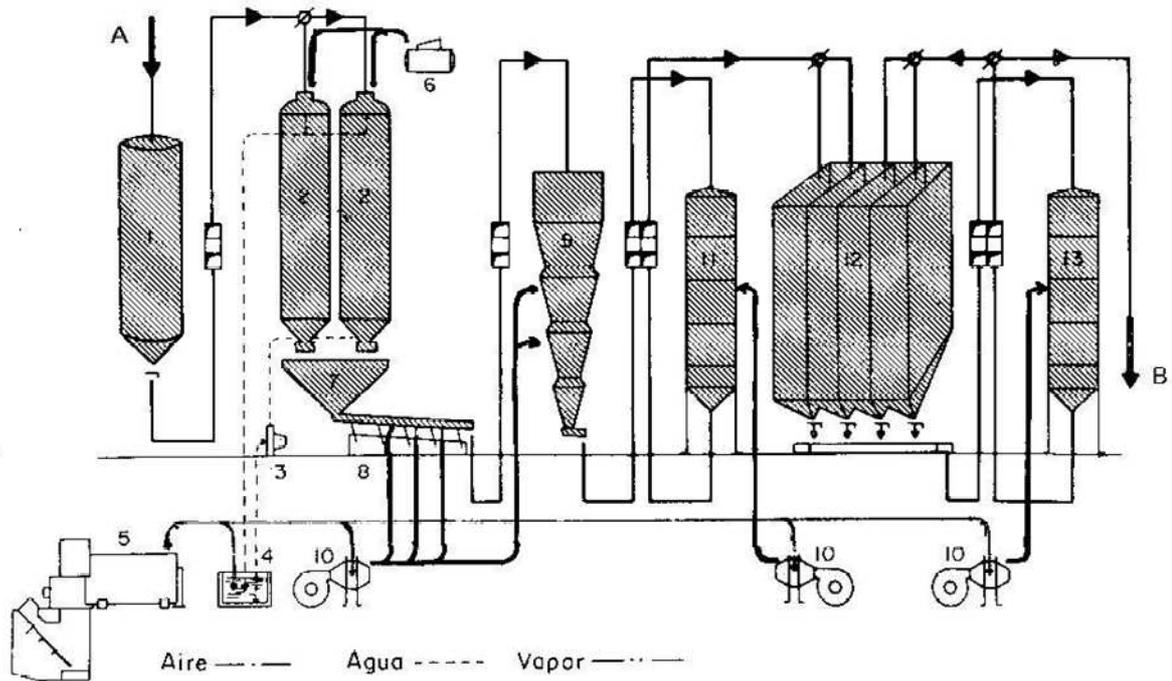
Figura 2. Arroz parbolizado

sellando pequeñas grietas que el grano trae de procesos anteriores. Este tratamiento de alguna manera “licua” el endosperma y el secado posterior, endurece el mismo sellando las fisuras. El tiempo de remojo depende especialmente del tamaño y tipo de grano y es inversamente proporcional a la temperatura del mismo, aunque debe considerarse que, un excesivo tiempo de remojo (cuando se utilizan bajas temperaturas), expone al grano a fermentaciones provocadas por el desdoblamiento en algunos principios químicos contribuyendo a un desmejoramiento en la calidad del producto por pérdida, entre otros atributos, de la blancura de los granos.

Algunas características pueden interferir el proceso de parbolización: la presencia de distintas coloraciones de glumas, aristas y pilosidad, los granos yesosos, descascarados, manchados y picados, brindarán un producto final demasiado oscuro y de aspecto poco apetecible. Otras variables, como la temperatura y tiempo de remojo y vaporizado, el descanso o reposo del grano pos secado, previa a la molienda, tienen marcada influencia en la calidad del producto final.

En la Figura 3 se detalla el proceso de parbolización del arroz (Procedimiento Schule). Existen numerosas técnicas desarrolladas en diversos países (como utilizar vapor a presión) pero todas tienen los mismos principios básicos con variantes metodológicas (Figura 3).

Figura 3: Esquema del proceso de “parbolización” del arroz: Procedimiento Schule



A: Arroz cáscara. B: Arroz elaborado. 1. Tolva de alimentación. 2. Tanques de sancochadura a presión. 3. Bomba de circulación del agua precalentada. 4. Calentador de agua. 5. Caldera de vapor que emplea cáscara como combustible. 6. Compresor de aire. 7. Tolva receptora de arroz sancochado en húmedo. 8. Transportador vibratorio, 9. Presecador. 10. Secador y ventilador para desecar el aire. 11. Secador de columna. 12. Depósito de atemperamiento. 13. Secador de columna.

Fuente: Gariboldi, 1974.

Participación del arroz en platos típicos

Diferentes culturas tienen diferentes preferencias en cuanto a sabor, textura, color y viscosidad de la variedad de arroz que consumen.

Risotto (Italia). Se utilizan arroces de grano mediano y corto, perlados, provenientes de las variedades Arborio, Carnaroli, Vialone, Nano. Pueden absorber una gran cantidad de líquido de cocción sin ablandarse demasiado, y poseen elevado contenido de sólidos solubles.

Paella (España). Se prefieren variedades como Bahía, Senia y Bomba, arroces, también de tipo mediano y corto con un gran porcentaje de perlado, que pueden absorber una gran cantidad de líquido de cocción sin ablandarse demasiado, permaneciendo algo más secos y sueltos después de la cocción. Poseen bajo contenido de sólidos solubles.

Sushi (Japón). Se emplea fundamentalmente la variedad Koshihikari por su capacidad para compactarse. Es de grano tipo corto, de contenido de amilosa bajo, que resulta tierno después de la cocción (Figura 4).



Figura 4 . Variedad Koshihikari: A) antes y B) después de la cocción, C) sushi.

Crackers

Las tortas y las galletas de arroz han aumentado progresivamente su popularidad, puesto que se asocian con productos saludables (Figura 5). También se han usado mezclas de harina de arroz en la fabricación de alimentos extruídos enriquecidos con vitaminas y minerales mediante la combinación de maíz, amaranto y arroz (Reyes y Baragaño-Mosqueda, 1995).



Figura 5. Crackers de arroz

Arroces modificados genéticamente

El arroz dorado es una variedad de arroz producida a través de ingeniería genética con elevado contenido de β -caroteno (pro-vitamina A) en el grano (Figura 6). La vitamina A es indispensable durante el embarazo, para prevenir la mortalidad y la ceguera nocturna. Los investigadores Ingo Potrykus (Suiza) y Peter Beyer (Alemania) clonaron el arroz utilizando un gen del narciso que codifica la «fitoeno sintasa».

Los resultados fueron publicados en el 2000. Esta primera variedad sintetizaba apenas 1,6 μg de β -caroteno por gramo de arroz cuando la ingesta diaria recomendada se acerca a los 900 μg diarios en adultos y 300 μg diarios en niños. Cinco años después utilizaron un gen de maíz mucho más eficiente produciendo 'fitoeno' con el cual se consiguió el arroz dorado tipo II, 23 veces más rico en β -caroteno que el primero (un máximo de 37 $\mu\text{g}/\text{g}$) (Paine, *et al.*, 2005). Todavía ninguna de estas variedades está disponible para consumo humano.



Figura 6. Arroces genéticamente modificados.



GRANO QUEBRADO

Almidón de arroz

Los granos de arroz pulidos están formados fundamentalmente por carbohidratos (almidón) que constituyen aproximadamente el 90% del peso en base seca (Juliano, 1985) y su proporción aumenta desde la periferia hacia el interior del grano. El almidón nativo o modificado surge de la molienda húmeda y tiene múltiples aplicaciones en la industria.

El almidón de arroz posee características peculiares:

- Tiene el tamaño de partícula más pequeño de todos los almidones comerciales, su tamaño promedio oscila entre 2-8 micrones. Un gránulo menor significa una concentración mucho más elevada de partículas por unidad de superficie
- Paralelamente permite que absorba más sustancias en su superficie tales como sabores y emulsificantes.
- Es el más blanco de todos los almidones. La partícula blanca y muy fina produce superficies lisas y lustrosas cuando es usada para revestimientos de confitados.
- Posee elevada digestibilidad que oscila entre 98-100% y es totalmente hipoalérgico, razones fundamentales para ser utilizado en alimentos para bebés u otras dietas especiales (Dias y Tavares, 2005).

Métodos de obtención de harinas

El arroz además de consumirse como grano entero puede ser ampliamente utilizado en la fabricación de harinas. La harina de arroz es muy adecuada para la elaboración de productos libres de gluten debido a su sabor suave, color blanco, elevada digestibilidad y la hipoalergenicidad de sus proteínas. Sin embargo, muy poca producción de arroz se destina a la elaboración de harinas y subproductos (León y Rosell, 2007). Los granos quebrados o partidos pueden ser molidos hasta harina por tres métodos distintos. La molienda húmeda, semiseca y seca (Yeh, 2004). La **molienda húmeda** consiste en remojar los granos en agua; tras el escurrido, son molidos en presencia de agua para reducir la cantidad de almidón dañado. Este producto se usa para la fabricación de diversas especialidades asiáticas. Asimismo se pueden obtener almidones nativos y modificados, dextrinas y una amplia gama de derivados de estos (León y Rosell, 2007). La **molienda semiseca** también incluye el remojo, escurrido y molienda pero esta última, en ausencia de agua. La **molienda seca** consiste en la trituración y reducción de tamaño de los granos partidos; la harina resultante se usa para alimentos infantiles, extruídos y diversos productos de panificación.

Panificación

Como sabemos, el trigo es el cereal predominantemente usado en panificación, la harina de arroz podría sustituir total o parcialmente a la harina de trigo en algunos productos de gran importancia comercial como panes y bizcochos (Figura 7).

Las proteínas de arroz (insolubles y muy hidrofóbicas) no tienen la capacidad de formar gluten, que es la red proteica que sostiene las burbujas de gas, producto del metabolismo de levaduras (León y Rosell 2007) originando productos con un bajo volumen específico y migas duras (He y Hosney, 1991). Por este motivo es necesario modificar los procesos de elaboración. Entre ellos podemos mencionar a) la adición de diferentes agentes estructurantes que confieran mayor estabilidad a los productos durante la fermentación en harinas compuestas trigo:arroz en distintas proporciones (León y Roseell, 2007) y b) una propuesta que está siendo estudiada es la modificación física o química del almidón (Tavares, 2005).



Figura 7. Pan de arroz, sin gluten.

a) Adición de agentes estructurantes

Hidrocoloides. Como sustitutos del gluten, permiten obtener panes con mejor volumen. La hidroxipropilmetil celulosa (HPMC) es una de las mejores alternativas debido a su capacidad de retener gas y sus propiedades estructurantes (León y Rosell, 2007). La adición de HPMC a productos de panificación con harina de arroz, origina masas con propiedades reológicas y consistencia semejantes a las obtenidas con la harina de trigo (Sivaramakrishnan *et al.*, 2004). La utilización como aditivo de HPMC originó panes con mayor volumen que los surfactantes monoglicéridos y monoesterato de glicérido.

Enzimas. La glucosa oxidasa y la transglutaminasa forman enlaces inter e intramoleculares entre las proteínas del arroz originando una red proteica. La ciclodextrin glicosil transferasa (CGTasa), produce migas más blandas y extienden la vida útil de los productos (León y Rosell, 2007).

Oxidantes, mejoradores y surfactantes: aditivos que aumentan el volumen específico del pan.

Goma de xantana y carboximetil celulosa (CMC). Se han usado como sustitutos del gluten en productos de panificación (Kulp *et al.*, 1974). También se han utilizado la goma guar, los carragenatos y el agar (Cato *et al.*, 2004).

b) la modificación de las propias harinas

En estudios realizados por Tavares (2005) en harinas de diferentes variedades con distinto contenido de amilopectina, se observó que es posible obtener bizcochitos con un mayor índice de expansión realizando previamente una modificación ácida del almidón, seguida de oxidación por peróxido de hidrogeno.

Características de la harina para su uso en panificación

Las harinas de arroz tienen la misma composición química que los granos de donde proceden (León y Rosell, 2007). La variedad de arroz juega un papel importante en la calidad de los panes, las propiedades de gelatinización tienen una gran influencia en los procesos de panificación. Rodríguez y Baragaño-Mosqueda, en Venezuela, evaluaron dos variedades de arroz de distinto contenido de amilosa en mezclas compuestas de harina de trigo:harina de arroz, 70:30 y 85:15. Las harinas pertenecieron a las variedades Cica 4 e IR 22 de alto e intermedio contenido de amilosa. Asimismo estudiaron la estabilidad de los panes almacenados a 8°C (90% de humedad) y a 25°C (67% de humedad). Observaron que los panes elaborados con las mezclas conteniendo la harina de IR22 (de contenido de amilosa intermedio) poseían mejor volumen específico, menor dureza de miga y se conservaban mejor a temperatura ambiente.

Arroces glutinosos

El arroz glutinoso, también denominado arroz pegajoso, arroz mochi, dulce, o tipo “waxy” es un arroz cuyo endosperma está constituido fundamentalmente por amilopectina (solo posee entre 1 y 2% de amilosa) (Figura 8). Durante la cocción se expande poco y absorbe poco agua. Después de la cocción, se torna pegajoso, húmedo y de apariencia brillante (CIAT, 1989). Es la base alimenticia de algunas regiones de Asia (se estima que el 85% de la producción de arroz en Laos, es de arroz glutinoso). Son apropiados para la fabricación de productos alimenticios como panes, masas, budines, pasteles, yogures, dulces en pasta, “crispetas” (pochoclo) y pastas precocidas entre otros (Díaz y Tavares, 2005).



Figura 8. Arroz glutinoso.

Tabares (2005), ensayó la panificación con harinas de 3 variedades distintas de arroz con contenido de amilosa alto (Taim), bajo (Firmesa) y una de tipo glutinoso (Motti). Se observó en esta última un significativo aumento del volumen específico del pan con respecto a las tradicionales, presentando valores de 1,35; 1,75 y 6,53 (ml/g) respectivamente.

Otros productos panificados de arroz

Existen multitud de productos de panificación alrededor del mundo que utilizan la harina de arroz. Ortiz y Bargaño-Mosqueda, 2006 han estudiado la elaboración panes dulces de molde trigo:arroz (70:30) dirigidos a la población infantil. Estos panes se aprovecharon como vehículo de enriquecimiento en micronutrientes y vitaminas basándose en los requerimientos de ingesta diaria para niños escolares entre 7 y 9 años. Los panes presentaron una aceptabilidad del 100% entre los niños.

Bizcocho o galleta. Es el producto obtenido por amasado y cocción procedente de las masas preparadas con harinas, almidón y féculas, fermentadas o no. La clasificación de los bizcochos depende del ingrediente que le caracteriza o la forma de presentación, existiendo bizcochos o galletas dulces y/o saladas, rellenos, revestidos, grissini, aperitivos y tapas o salgadillos, palitos para aperitivos o pretzel, waffle y waffle relleno (León y Rosell, 2007; Brasil, 1978).

Mochi o pasteles de arroz: Son hechos básicamente con arroz, se sirven tradicionalmente el día de Año Nuevo en la India.



Figura 9. Idlis, desayuno típico del sur de India.

Idly o idli. Se prepara con legumbres (como lentejas) y arroz. Se consumen como un snack durante el desayuno. Es la comida rápida más común y extendida en la India (León y Rosell, 2007) (Figura 9).

Chapati. Producto no fermentado obtenido de harina integral en la India.

SALVADO DE ARROZ

Del salvado se extraen diversos compuestos entre los que podemos citar: antioxidantes: gamma-oryzanol (con efectos semejantes a la vitamina E) y ácido ferúlico (Figura 10). El fitoesterol también se ha aislado del aceite del salvado de arroz (Ver Capítulo VII). Este compuesto contribuye en la reducción de los niveles de colesterol y en el tratamiento de la arterioesclerosis e hipertermia. El inositol se encuentra también en el salvado, contribuye a la absorción del calcio. Se adiciona a los productos lácteos infantiles y para atletas.



Figura 10. Salvado de arroz.



CONSIDERACIONES FINALES

La utilización del grano quebrado ha sido una preocupación constante de la industria en busca de su potencialidad para la fabricación de otros productos de mayor valor agregado. En la actualidad son innumerables las oportunidades de desarrollar nuevos productos o de adecuar productos ya desarrollados a las necesidades y hábitos alimenticios de nuevos nichos de mercado que pueden ser identificados y explotados por los productores y empresas vinculadas al sector arrocero con el objeto de propiciar una alimentación más sana y elevar la calidad de vida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brasil, 1978. Ministério da Saúde. Resolução n. 12/78 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Aprova as normas técnicas especiais do Estado de São Paulo, revistas pelo CNNPA, relativas a alimentos e bebidas. http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_78_biscoitos.htm. Fecha de consulta: 3/2005.
- Cato, L., Gan, J. J., Rafael, L. G. B., and Small, D. M. 2004. Gluten free breads using rice flour and hydrocolloid gums. *Food Australia*; 56: 75-78.
- CIAT. 1989. Evaluación directa de la calidad culinaria del arroz. *In: Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz*. 70pp.
- Días, A. R. G. y Tavares, A. C. 2005. Amidoes Modificado e Productos de arroz. p. 389-397. *In: Qualidade de arroz na pos-colheita*. Ed. Moacir, C. E. y Lorini, I., Pelotas Brasil, 686pp. Associação brasileira de Pós-colheita Universidade Federal de Pelotas.
- FAO 2007. Productos basicos y comercio. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/ag038s/ag038s00.pdf>.
- Gariboldi, F. 1974. El sancochado del arroz. FAO. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 103 pp.
- He, H. and Hosney, R. C. 1991. Gas retention of different cereal flours. *Cereal Chemistry*; 68: 334-336.
- Juliano, B. O. 1985. *Rice Chemistry and Technology*. 2nd Edition (edited by B.O. Juliano). American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA. 774 p.
- Kulp, K.; Hepburn, F. N.; and Lehmann, T. A. 1974. Preparation of bread without gluten. *Bakers Digest*; 48: 34-37,58.
- León, A. E. y Rosell, C. M. 2007. De tales harinas tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica Córdoba, Argentina. Ed. Baez, 473 pp.
- Nelina, A. y Ruíz, F. 2005. Efectos beneficiosos de una dieta rica en granos enteros. *Revista Chilena de Nutrición*; 32 (3): 191-199.
- Ortiz, M.; Baragaño-Mosqueda, M. 2006. Influencia de las diferencias varietales de arroz (*Oryza sativa* L.) en la calidad del pan dulce trigo:arroz. Enriquecimiento con hierro



y vitamina a para niños en edad escolar. Trabajo de Tesis para optar al Título de *Magister Scientiarium* en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Postgrado Interfacultades en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela, Caracas.

- Paine, J. A.; Shipton, C. A.; Chaggar, S.; Howells, R. M.; Kennedy, M. J.; Vernon, G.; Wright, S.Y.; Hinchliffe, E.; Adams, J. L.; Silverstone, A. L. and Drake, R. 2005. Improving the nutritional value of Golden Rice through increased pro-vitamin A content. *Nature Biotechnology*; 23: 482–487.
- Reyes, A.; Baragaño-Mosqueda, M. 1995. Alimentos extrudidos a base de las mezclas de maíz, amaranto y arroz. Su enriquecimiento con vitaminas y minerales. Acción de la extrusión sobre el valor nutritivo de los productos. Trabajo de Tesis para optar al Título de *Magister Scientiarium* en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Postgrado Interfacultades en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- Rodríguez, N. y Baragaño-Mosqueda, M. 1974. Evaluación de la harina de arroz como sustituto parcial en la elaboración de pan. Tesis para optar al título de Licenciado en Biología, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA). Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- Sivaramakrishnan, H. P.; Senge, B. and Chattopadhyay, P. K. 2004. Rheological properties of rice dough for making rice bread. *Journal of Food Engineering*; 62: 37-45.
- Tavares, A. C. K. 2005. Modificações ácida e oxidativa da fariinha de arroz (*Oryza sativa*, L.) no desenvolvimento da propriedade de expansão. Pelotas 2005. 71p. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas.
- Yeh, A. I. 2004. Preparation and applications of rice flour. *In*: Champagne, E. T. Editor. *Rice: Chemistry and Technology*, 3rd ed. St Paul MN: American Association of Cereal Chemists, Inc. 495-540p.



CAPÍTULO IV

CALIDAD INDUSTRIAL Y CULINARIA DEL GRANO DE ARROZ

María Pincirolí, Nora Ponzio y Maité Salsamendi



<https://www.flickr.com/photos/ouyea/2511282922>

CALIDAD: CONCEPTO

Se entiende que un producto tiene calidad cuando reúne las preferencias del consumidor. Por lo tanto esta adquiere diferentes significados en función de quién lo evalúe y de cuales sean sus expectativas.

Para el productor calidad será: porcentaje de germinación, grado de pureza de la semilla que le garantice un cultivo uniforme y buenos rendimientos y en los últimos años el factor de calidad; para el molinero: alto porcentaje de granos enteros y cristalinos; para el comerciante: buena apariencia, grano traslúcido, bajo porcentaje de granos quebrados; para el consumidor: buena apariencia externa, buena textura y sabor después de cocido; para un nutricionista la calidad consistirá en su alto valor nutricional.

Como todo producto alimenticio, la calidad del arroz depende de las preferencias y gustos de los consumidores. Preferencias y gustos que varían de una región a otra: en oriente, en términos generales, se prefiere un grano tipo japónica, corto, pegajoso a la cocción, mientras occidente y el mercado internacional prefieren un grano largo fino, seco y suelto a la cocción (CIAT, 1989).

El arroz es el cereal que se destina casi en su totalidad, como grano entero para consumo humano. Por esta razón, el porcentaje de grano entero define la calidad y es el resultado de la acción de numerosos y variados factores que interactúan entre sí: genéticos (propiedades morfológicas y fisicoquímicas del grano), climáticos y de manejo (labores realizadas durante el cultivo y en postcosecha: secado y almacenaje).

CALIDAD DE GRANO



Figura 2. Granos traslúcidos, panza blanca y yesosos.

La calidad del grano puede considerarse desde cuatro puntos de vista: a) la apariencia, b) la calidad industrial o molinera, c) la calidad culinaria y d) la calidad nutricional.

Las dos primeras (apariencia y calidad industrial) se evalúan sobre grano cáscara, integral o pulido, mientras que la calidad culinaria es el comportamiento a la cocción.

APARIENCIA

El grano de arroz debe ser entero y traslúcido. Los principales defectos castigados durante la comercialización son (Figura 2):



Granos panza blanca. Es una mancha opaca blanca en la zona ventral del grano. La opalescencia se debe a la poca compactación de los gránulos de almidón que resultan esféricos y porosos, mientras que cuando el grano es traslucido son poliédricos, forma que adquieren por la compactación. El grano se vuelve más frágil. Causas ambientales que prolongan el período de llenado del grano, como altas temperaturas nocturnas, escasa amplitud térmica diaria, alta nubosidad, incrementan el porcentaje de granos panza blanca.

Grano yesoso. Todo el grano es de un color blanco opaco y generalmente con menor desarrollo que un grano normal. Son granos inmaduros que aparecen cuando por diferentes causas, como bajas temperaturas durante el llenado, incidencia de algunas enfermedades o plagas, los macollos aparecen en forma escalonada y por lo tanto los granos poseen diferentes grados de madurez.

Otros parámetros importantes para su comercialización

Durante la comercialización se castiga por: materias extrañas -granos coloreados o manchados - semillas de malezas (bejuco, chamico, granos con estrías frutos del arroz rojo pulido) insectos y/o arácnidos.

Biometría.

Los granos de arroz se clasifican en tipos comerciales según las dimensiones de sus ejes principales, longitudinal y transversal: largo fino, largo ancho, mediano y corto. Esta característica es fundamentalmente genética (Figura 3).

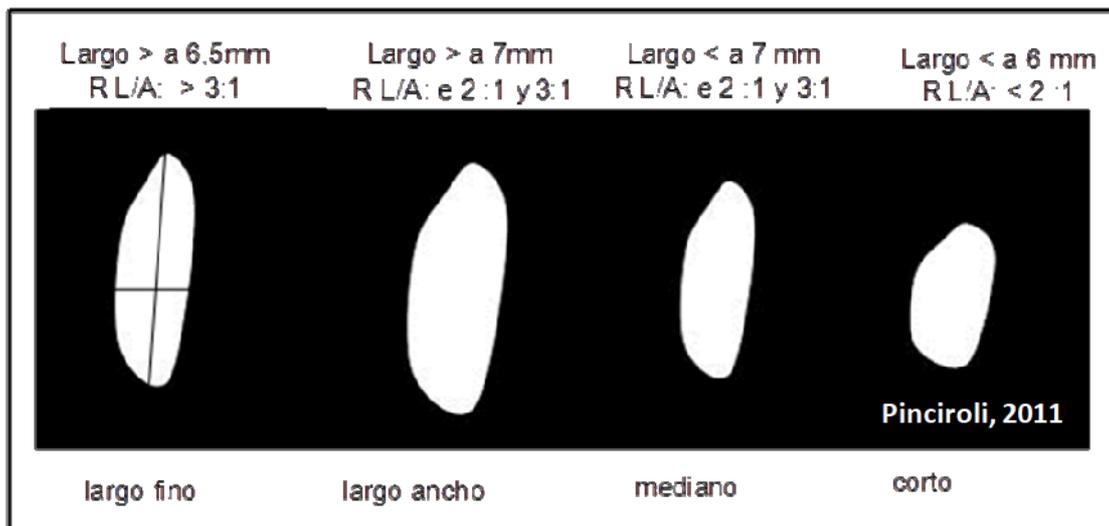


Figura 3. Biometría. Tipos comerciales de grano.



CALIDAD INDUSTRIAL O MOLINERA - RENDIMIENTO INDUSTRIAL

En Argentina, como en la gran mayoría de los países consumidores, el uso más difundido de este cereal es como grano entero, pulido, constituido fundamentalmente, por el endosperma. El proceso de industrialización tradicional del arroz, involucra las actividades que transforman el arroz cáscara (materia prima) en arroz elaborado (blanco o pulido), con el objetivo de hacer el producto apto para el consumo humano. A diferencia de los otros cereales, en donde el grano es molido para convertirlo en harina, en la elaboración de arroz, el objetivo consiste en mantener la mayor cantidad posible de granos intactos como arroz entero. La eficacia técnica del proceso de elaboración, o sea, el rendimiento industrial, se juzga por la cantidad de arroz entero obtenido a partir de una cantidad determinada de arroz cáscara.

Del arroz cosechado, aproximadamente 20% es cáscara, y 10% es salvado, ambos elementos se eliminan en los procesos de descascarado y pulido respectivamente. El resto (70%) está formado por granos de arroz blanco o pulido, entero y partido o quebrado (Figura 5). El arroz pulido está constituido fundamentalmente por el endosperma, el salvado por el embrión y las capas externas (aleurona, tegumento, y pericarpio) y el arroz integral por ambos (endosperma y salvado). El molino elimina, en primera instancia, la cáscara, luego el salvado, quedando finalmente el grano pulido con porcentajes variables de entero y quebrado según las condiciones de molienda.

Mediante el proceso de elaboración realizado por el molino se define el **rendimiento industrial** que está constituido por el porcentaje de granos enteros y el porcentaje de grano total (entero más quebrado). Se determina sobre 100 gramos de muestra libre de materias extrañas y con menos de 14% de humedad. El porcentaje de grano entero cosechado y su calidad son la base del valor económico en el mercado interno. En el Anexo I (Pag. 85) se presentan las Normas de calidad para la comercialización de Arroz cáscara, Resolución SAGyP N° 1075/94 (SENASA, 2014)

Los factores que determinan el quebrado del grano son numerosos:

Genéticos: cada variedad tiene su biometría particular: granos más cortos y redondos tienden a quebrarse menos en el molino.

Climáticos: Combinaciones de radiación y lluvias intensas durante el período de llenado del grano, favorecen el quebrado. En el momento previo a la cosecha, un período de baja humedad relativa seguido de un rápido incremento de la misma próximo a saturación, genera tensiones o compresiones produciendo un estrés en el endosperma de la semilla, causando fisuras imperceptibles, al estar el grano cubierto por las glumelas, pero que se ponen de manifiesto en la molienda al producirse el descascarado (Bautista *et al.*, 1998).

De manejo: *enfermedades y plagas* (ataques de *Pyricularia* sp. en panoja provocan granos inmaduros que se quiebran con facilidad; plagas, como la chinche de la espiga, provocan grano frágil); *humedad de cosecha* (granos cosechados con alta humedad generan granos



verdes y frágiles, algunas variedades si se secan en el campo, aumentan su porcentaje de quebrado); *temperatura y velocidad de secado* (el grano mal secado produce un craqueo del endosperma y un revenido de la humedad interna).

CALIDAD CULINARIA

Como se dijo anteriormente, se entiende por calidad culinaria al comportamiento esperado del arroz luego de ser cocido y está fundamentalmente determinada por la constitución del almidón (que constituye más del 80 % del grano) y de su principal componente, la amilosa.

Los parámetros más utilizados para caracterizar la calidad culinaria son: contenido de amilosa y la temperatura de gelatinización (test de álcali).

CONTENIDO DE AMILOSA

Es considerado el principal factor responsable del aspecto del arroz una vez cocinado. El almidón está formado principalmente por dos fracciones de carbohidratos denominadas amilopectina y amilosa. La relación entre estas dos determina algunas propiedades importantes del arroz durante y después de la cocción. Las moléculas de **amilosa** consisten típicamente en cadenas lineales de 900 a 1100 unidades de glucosa con uniones alfa 1-4 que se despliegan en forma de hélice como consecuencia de los ángulos en los enlaces entre las moléculas de glucosa (Figura 4 A) (Takeiko, 1970).

La **amilopectina** (ramificada, Figura 4 B) constituye la fracción mayoritaria del almidón. Se distingue de la amilosa por estar compuesta de unidades de glucosa, con enlaces alfa 1-4 en la estructura lineal y alfa 1-6 en la ramificada. Las moléculas de amilopectina pueden contener hasta dos millones de unidades de glucosa.

El porcentaje de amilosa de los arroces varía entre 7 y 34%, disminuyendo a menos del 2% en los arroces glutinosos. Es un carácter genético (depende de las variedades) pero puede modificarse parcialmente con el ambiente, fundamentalmente con la temperatura del aire durante el llenado.

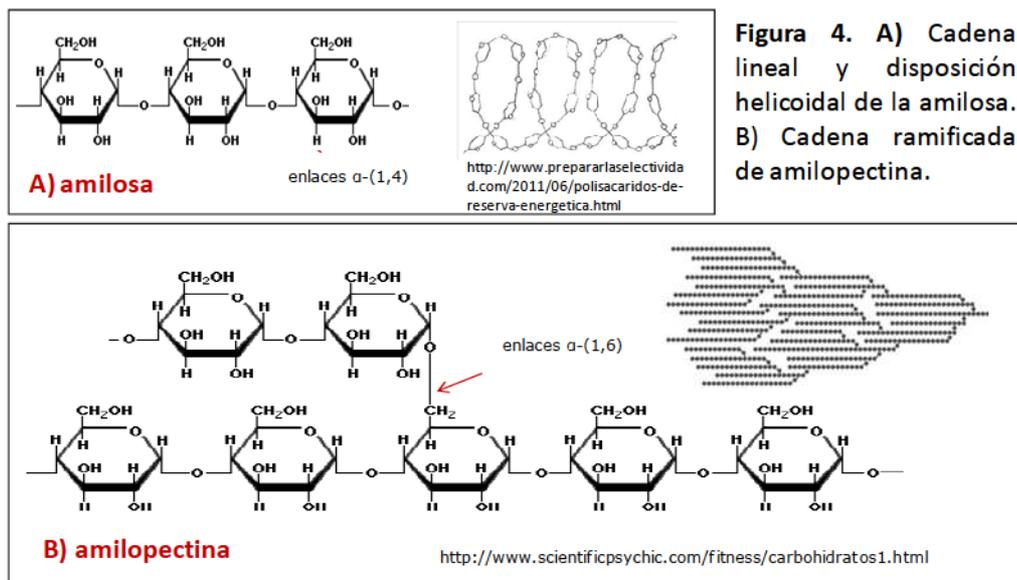
Según el porcentaje de amilosa que poseen los granos de arroz, las variedades se pueden clasificar en:

Alto contenido de amilosa: >26%

Contenido intermedio de amilosa: 20-25%

Bajo contenido de amilosa: < 20%

Los arroces de **alto contenido** de amilosa permanecen secos y sueltos después de cocinarse, con tendencia a la retrogradación una vez enfriados absorbiendo mayor cantidad de agua con el consecuente aumento de volumen después de cocidos. Los arroces con **contenido intermedio** de amilosa se comportan en forma similar a los anteriores, pero permanecen más tiernos y húmedos al enfriarse. Los de **bajo contenido** de amilosa son los más difundidos en oriente y resultan húmedos, pegajosos y brillantes después de la cocción. En algunos mercados se consideran indeseables debido a su tendencia a desintegrarse, si se excede el tiempo apropiado de cocción. El arroz denominado glutinoso o Waxy prácticamente no posee amilosa (1-2%). Su aspecto es totalmente opaco, se expande poco y absorbe poca agua al cocinarse. Permanece húmedo y pegajoso después de la cocción. Se lo utiliza en oriente para preparar postres, helados dulces, pasta precocidas y otros platos especiales (Ver capítulo IV).



Determinación del contenido de amilosa. La técnica es colorimétrica y se basa en la capacidad de la fracción amilosa de formar un complejo coloreado con el yodo. La intensidad del color, medida como absorbancia con un espectrofotómetro, es proporcional al contenido de amilosa de la muestra. Los valores obtenidos se comparan con una curva patrón de amilosa de papa pura (Williams *et al.*, 1958, modificado).

CONCEPTO DE TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN. TEST DE ÁLCALI.

La temperatura de gelatinización es la temperatura a la cual el gránulo de almidón comienza a absorber agua y a aumentar de tamaño con pérdida de birrefringencia y cristalinidad en forma irreversible. Refleja la dureza de los gránulos de almidón y del endosperma. Se ha establecido como baja temperatura de gelatinización 70 °C, intermedia entre 70 y 74°C y alta 74°C o más. En general, se prefieren arroces con intermedia a baja temperatura de gelatinización. Los arroces con alta temperatura de gelatinización generalmente tardan más en cocinarse y quedan blandos, después de cocidos. La temperatura de gelatinización se estima indirectamente midiendo el grado de dispersión y clarificación del arroz mediante diferentes métodos (calor y soluciones alcalinas). El más utilizado es el Test de Álcali que consiste en sumergir 6 granos pulidos en una solución de KOH de potasio al 1,7% durante 23 hs a 30°C. La observación es visual y se utiliza una escala que va de 1: grano de arroz inalterado a 7: grano totalmente desintegrado (Figura 5).

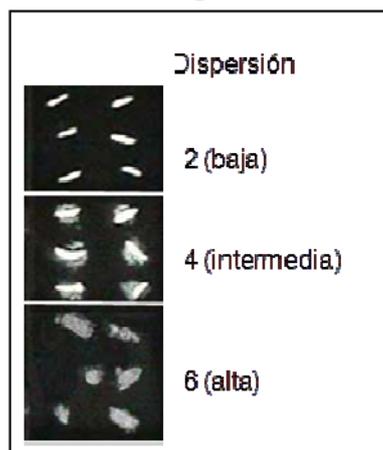


Figura 5. Granos de arroz sometidos al Test de Álcali.

El grado de dispersión es fiel reflejo de la temperatura de gelatinización:

Dispersión alta (escala 6-7) ----- Temperatura baja (< 70°C)
Dispersión media (escala 4-5) ----- Temperatura media (70-74°C)
Dispersión baja (escala 1-3) ----- Temperatura alta (>74°C)

El contenido de amilosa y la temperatura de gelatinización del almidón no guardan una vinculación entre sí. Pueden existir arroces con baja temperatura de gelatinización y con alto, intermedio o bajo contenido de amilosa. Pese a ello, no se han encontrado arroces con alto contenido en amilosa y alta temperatura de gelatinización.



PARÁMETROS COMPLEMENTARIOS PARA EVALUAR LA CALIDAD CULINARIA

Se pueden utilizar otros parámetros para caracterizar con más detalle la calidad culinaria del arroz, aunque no son tan utilizados en el país. A continuación se señalan los más frecuentes.

Volumen de sedimentación: Representa los sólidos insolubles y el volumen de agua absorbida a 77 y 82°C. Se determina por la diferencia entre el volumen inicial y el agua sobrante. Los arroces con baja temperatura de gelatinización absorben más agua a 77 y 82°C que aquellos que gelatinizan a alta temperatura (Guía de TP de Cátedra de Cerealicultura, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, 2001). Se prefieren los arroces que absorben más agua tanto en la cocina occidental moderna como en la cocina que utiliza salsas como el risotto o la paella.

Consistencia de gel. Se emplea para diferenciar variedades que tienen alto contenido de amilosa. Permite obtener un buen índice de la textura del arroz cocido. La prueba está basada en la consistencia de pasta fría que presenta el grano de arroz por el efecto combinado de los componentes del almidón: amilosa y amilopectina. Cuanto mayor es el volumen que ocupa la pasta, más blanda es su consistencia.

Pérdida de sólidos. Esta característica es de gran importancia para la industria de productos enlatados que contienen arroz. Según el tipo de comida, se prefieren arroces con mayor integridad o arroces que, al ceder sólidos al medio líquido, aumentan la densidad del producto.

Cocción. Es indudable que para evaluar exactamente el comportamiento se debe efectuar dicho proceso, a fin de poder medir en forma integral el mayor o menor grado de aceptación que pueda tener un determinado arroz en un mercado específico. Los métodos de cocción son numerosos y variados, cada país deberá elegir el que más se aproxime a la forma tradicional de cocción.

Los parámetros a evaluar son: volumen final, incremento en peso, tiempo de cocción y grado de separación de los granos en forma visual de acuerdo con la siguiente escala:

- a- separados: granos secos y sueltos
- b- moderadamente separados: granos secos, con una ligera tendencia a permanecer unidos
- c- moderadamente pegajosos: granos un poco húmedos y adheridos o pegados entre sí
- d- pegajosos: granos húmedos, pegados entre sí.

Puede completarse el estudio con un análisis organoléptico mediante un panel de catadores que evalúan: terneza, cohesión, aspectos sensoriales (brillante, opaco, separado), sabor, con el objeto de conocer el grado de aceptabilidad del producto.

Ponzio y Salsamendi (2013), evaluaron el efecto de la cocción sobre diferentes parámetros físicos (Tabla 1).

Tabla 1. Diferencias varietales en parámetros físicos en variedades de arroz, antes y después de la cocción.

Variedad	LaC (mm)	AaC (mm)	RaC	Variedad	LdC (mm)	AdC (mm)	RdC
Doble Carolina	7,0 a	2,1 de	3,3 a	Doble Carolina	9,4 bc	2,8 ab	3,5 b
Saman Urumati	6,1 b	2,0 ef	3,0 b	Saman Urumati	9,0 cd	2,7 ab	3,4 b
Integral	6,8 a	1,9 f	3,5 a	Integral	8,0 f	3,0 a	2,8 c
Don Ruggero	6,9 a	2,5 a	2,7 c	Don Ruggero	10,5 a	2,6 b	4,1 a
Camaroli	5,9 b	2,3 bc	2,6 c	Camaroli	9,8 ab	3,1 a	3,3 b
Saman Japonico	4,8 c	2,2 cd	2,2 d	Saman Japonico	7,3 f	2,9 ab	2,6 c
Thasmin	6,2 b	2,0 ef	3,1 b	Thasmin	8,6 de	2,9 ab	3,1 bc
Koshihikari	4,6 c	2,3 b	2,0 e	Koshihikari	7,3 f	2,8 ab	2,7 c
mds	0,38	0,12	0,20	mds	0,75	0,34	0,45

Referencias: Largo antes de la Cocción (LaC), Ancho Antes de la Cocción (AaC) y Relación Largo/Ancho antes de la Cocción (RaC), Largo después de la Cocción (LdC), Ancho después de la Cocción (AdC) y Relación Largo/Ancho después de la Cocción (RdC).

Los tipos Doble Carolina, Integral y Don Ruggero, presentaron el mayor largo antes de la cocción (LaC) (Tabla 1). Luego de la cocción, sólo Don Ruggero mantuvo el mayor largo. Tanto Saman Japonico como Koshihikari, mantuvieron el menor valor en largo y la menor relación largo/ancho antes y después de la cocción. Carnaroli fue el que tuvo mayor expansión en ancho y largo después de la cocción, mientras Don Ruggero pasó de tener una RaC intermedia a tener la mayor RdC (Tabla 1).

CALIDAD NUTRICIONAL

Otro aspecto de la calidad es el del valor alimenticio del arroz. Durante muchos años se ha realizado una subvaloración del cereal como alimento. Esto ha sido en parte así porque la tendencia en el consumo fue como arroz blanco y en este contexto el grano posee un 92% de almidón y solo un 7% de proteína.

En las últimas décadas se ha evaluado con mayor detalle el tipo de proteínas presentes en el arroz y el valor biológico de las mismas junto con otras propiedades del arroz como alimento.

En este sentido, no se ha detectado la presencia de principios alergénicos en el arroz, siendo un alimento recomendable para grupos poblacionales que presenten problemas de intolerancia. Asimismo la ausencia de gluten lo hace adecuado a dietas en poblaciones celíacas. Por otro lado, la posibilidad de utilizar formas integrales del grano y procesos de autoenriquecimiento determinan una sensible mejora en la calidad del alimento preparado en base al arroz.



ARROCES ESPECIALES

Entre los componentes del grano figuran además del almidón, la proteína, pigmentos coloreados como fenoles y antocianinas, compuestos aromáticos entre otros. Según sea el componente que adquiere protagonismo tendremos **arroz proteico** si posee un alto contenido de proteína, **arroz aromáticos**, **arroz glutinosos** en caso que el almidón sea prácticamente amilopectina, **arroz rojos**, **marrones** o **negros** según los compuestos que se hallen en el pericarpio del grano.

Arroz especiales. Son todos aquellos que poseen una característica particular que los diferencia de los arroz tradicionales.

Arroz Gourmet se denomina a aquellos que combinan al menos dos características especiales diferenciales.

Los arroz especiales proteico y aromático se describirán en los siguientes capítulos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bautista, R.; Siebenmorgen, T.; Counce, A. 1998. Characterization of individual rice kernel moisture content and size distributions at harvest. *A. A. Es. Research*. 468p.
- CIAT. 1989. Evaluación directa de la calidad culinaria del arroz. In: Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. 70p. Archivos Latinoamericanos de Nutrición.
- González, N.; Zamorano, D. 2009. El cultivo de arroz http://www.sap.uchile.cl/descargas/fisiogenetica/fisiologia_del_arroz.pdf Fecha consulta: 28/06/2014
- Guía de Trabajos Prácticos de Cerealicultura, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, 2001.
- Juliano, B. O. 1980. Cap X. Properties of rice caryopsis, p.403-438. *In*: Luh B. S. Rice production and utilization. Ed AVI Publishing Company, Inc. 924p.
- Juliano, B. O. 1985. Rice Chemistry and Technology. 2nd Edition (edited by B.O. Juliano). American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA. 774 p.
- Ponzio, N. y Salsamendi, M., ex aequo. 2013. Relación entre parámetros físicos y calidad culinaria de arroz de distinta procedencia estimación de la temperatura de gelatinización. XIV Congreso CYTAL, Asociación Argentina de Tecnólogos Alimentarios (AATA).
- SENASA, 2014. Normas de calidad para la comercialización de granos y subproductos, Norma II: Arroz cáscara, pag 6. <http://www.senasa.gov.ar/Archivos/File/File4230-ry-1075-94.pdf>. Fecha de consulta 10/12/2014.



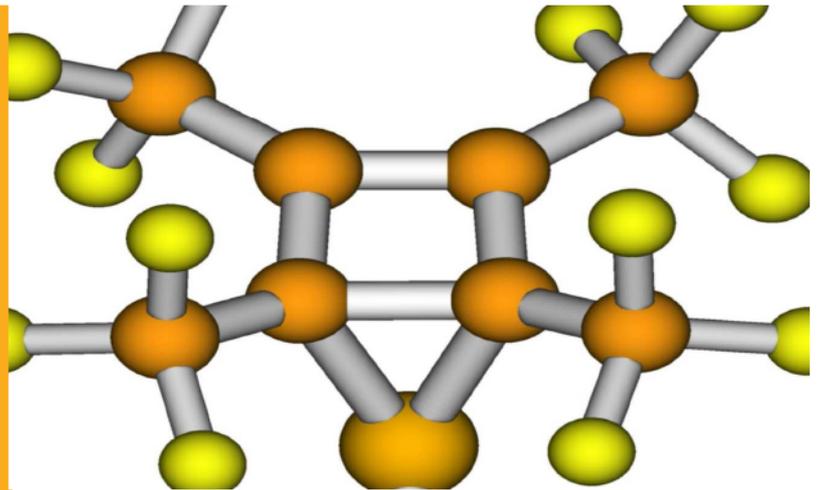
- Takeiko, M., Koso, O., Soza, B. O. 1970. Bulletin of the Chemical Society of Japan, 43 (5): 950.
- Williams, V. R.; Wu, W. T.; Tsai, H. R. 1958. Varietal differences in amylose content of rice starch. Journal Agricultural Food Chemistry, 6: 47-48.



CAPÍTULO V

ARROCES ESPECIALES: ARROZ PROTEICO

María Pincioli



<http://www.infobiologia.net/2012>



INTRODUCCIÓN

Si bien el arroz posee un bajo contenido de proteína (7-9% promedio en peso), el grano constituye la mayor fuente proteica en los países consumidores de este cereal aportando el 60% de la proteína total de la dieta en Asia (Shih, 2003).

La calidad de la proteína de arroz es superior a la del trigo y del maíz, siendo sólo inferior a la avena. Es valiosa porque es la única con propiedades hipoalergénicas, apta para celíacos y de alta calidad nutricional por su elevado contenido del aminoácido esencial lisina (Bean and Nishita 1985). En las proteínas de salvado de arroz se han encontrado propiedades anticancerígenas (Kawamura and Muramoto 1993).

La utilización de variedades de arroz con alto contenido en proteína podría cumplir una importante función social incorporando proteína de alta calidad a la dieta sin la necesidad de modificar hábitos alimenticios, dado que es un alimento mundialmente aceptado.

Por otro lado, en la actualidad se tiende a reducir la ingesta de proteína animal, y podría sustituirse por concentrados o aislados proteicos de arroz que sirvan de ingredientes para otras formulaciones. En China y Estados Unidos se conocen variedades de arroz salvajes con entre un 12,0 y un 15,2% de proteína en grano integral (Zhai *et al.*, 2001).

En nuestro país se destaca la variedad Nutriar FCA y F obtenida por el Programa Arroz de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de La Plata e inscripta en el año 2003. Esta variedad se caracteriza por poseer valores de proteína en grano que superan en un 25-30 % el promedio de las variedades cultivadas en la actualidad.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GRANO DE ARROZ

En la Tabla 1 se puede observar comparativamente la composición química del arroz con respecto a la de otros cereales cultivados. Si bien el arroz tiene bajo contenido de proteína, tanto la utilización neta de la proteína como la digestibilidad del grano son elevadas.

Tabla 1. Comparación de la composición química del grano integral de arroz respecto de otros cereales. Digestibilidad

	arroz	trigo	maíz	cebada	sorgo	centeno	avena
	integral						
Proteínas (N x 6,25)	7,3	10,6	9,8	11	8,3	8,7	9,3
Lípidos	2,2	1,9	4,9	3,4	3,9	1,5	5,9
Carbohidratos	64,3	69,7	63,6	55,8	58	71,8	62,9
Fibra cruda	0,8	1	2	3,7	4,1	2,2	5,6
Cenizas	1,4	1,4	1,4	1,9	2,6	1,8	2,3
Digestibilidad verdadera	99,7	96	95	88	84,8	77	84,1
Utilización neta de la proteína	73,8	53	58	62	50	59	59,1

Fuente: Juliano, 1985. Valores expresados en %.

El contenido de proteína del arroz es diferente según la fracción de molino que se considere como podemos observar en la Tabla 2. El mayor contenido proteico corresponde al embrión pero su tamaño es muy reducido.

Tabla 2. Composición aproximada del grano de arroz y sus fracciones

	arroz	grano	grano			
	cáscara	integral	pulido	cáscara	salvado	embrión
Proteínas	6,7-8,3	8,3-9,6	7,3-8,3	2,3-3,2	13,2-17,3	17,7-23,9
Lípidos	2,1-2,7	2,1-3,3	0,4-0,6	0,4-0,7	17,0-22,9	19,3-23,8
Fibra cruda	8,4-12,1	0,7-1,2	0,3-0,6	40,1-53,4	9,5-13,2	2,8-4,1
Cenizas	3,4-6,0	1,2-1,8	0,4-0,9	15,3-24,4	9,2-11,5	6,8-10,1
Almidón	62,1	77,2	90,2	1,8	16,1	2,4
Fibra dietaria	19,1	4,5	2,7	77,3	27,6-33,3	nd

Fuente: Pomeranz and Ory, 1982. Datos calculados en porcentaje sobre base seca.

PROTEÍNAS DE ALMACENAMIENTO EN LOS GRANOS DE LOS CEREALES

Si bien en los granos existen tres grupos de proteínas: las estructurales, las biológicamente activas llamadas “housekeeping” y las de reserva o almacenamiento, estas últimas constituyen más del 80% del total y son por lo tanto, las que más influyen en la calidad nutricional proteica del grano. Las proteínas de almacenamiento son aquellas cuya velocidad de síntesis se incrementa notablemente durante el desarrollo del grano y se acumulan en vesículas rodeadas de membrana denominadas cuerpos proteicos.

Posteriormente, durante la germinación, estas proteínas son degradadas para proveer, principalmente, nitrógeno reducido y secundariamente carbono, con el fin de sostener el crecimiento del brote y el desarrollo inmediato luego de la germinación. En los cereales, las proteínas se caracterizan por acumularse en el endosperma en lugar de hacerlo en el embrión como en las leguminosas.

Clasificación. Los trabajos de Osborne (1924) fueron pioneros en la sistematización del estudio de las proteínas de plantas e introdujeron una clasificación, ampliamente utilizada, que se basa en la solubilidad mostrada por las proteínas en diferentes medios, a lo largo de una extracción secuencial. Las fracciones según la clasificación de Osborne son las siguientes: *albúminas*, solubles en agua; *globulinas*, solubles en soluciones salinas diluidas y neutras; *prolaminas*, solubles en alcohol o en mezclas de alcohol-agua y *glutelinas*, solubles en soluciones alcalinas o ácidas. Posteriormente el conocimiento detallado de la estructura y características genéticas de las diferentes proteínas, permitió el desarrollo de otras clasificaciones, aunque la de Osborne sigue siendo de gran utilidad.

Los diferentes cereales varían en la proporción de sus fracciones proteicas tal como puede apreciarse en la Tabla 3.

Tabla 3. Proporción relativa de las diferentes fracciones proteicas de los cereales según la clasificación de Osborne (1924)

	Albúminas	Globulinas	Prolaminas	Glutelinas
Arroz	Trazas	2,0-8,0	1,0-5,0	85,0-90,0
Trigo	3,0-5,0	6,0-10,0	40,0-50,0	30,0-40,0
Maíz	Trazas	5,0-6,0	50,0-55,0	30,0-45,0
Cebada	3,0-4,0	10,0-20,0	35,0-45,0	35,0-45,0
Avena	1	80	10,0-15,0	5

Fuente: Larkins, 1981. Valores expresados en porcentaje respecto al total de proteínas.

PROTEÍNAS DEL GRANO DE ARROZ: FRACCIONES

Las proteínas del grano de arroz están constituidas principalmente por las glutelinas en una proporción de 75-90% con respecto a la proteína total. Es el único cereal cuyas proteínas son ricas en la fracción glutelinas y pobres en prolaminas (Juliano, 1985).

Albúminas. Electroforéticamente responden a un patrón muy heterogéneo (Figura 1). En SDS-Page aparecen 12 bandas de pesos moleculares que van desde 8,5 a 95 kDa, con tres polipéptidos principales de 8,5; 11 y 16 kDa (Juliano, 1980). Se localizan fundamentalmente en la aleurona (Juliano, 1985).

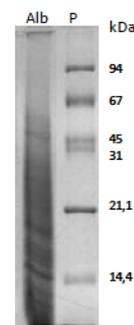


Figura 1. Perfil tipo de la fracción albúmina (Alb) en condiciones no reductoras. P: patrón molecular en kDa. Fuente: Pincirolí et al., 2012.

Globulinas. Esta fracción proteica surge del residuo de harina resultante de la extracción de las albúminas con soluciones de pH cercano a la neutralidad y concentraciones salinas elevadas (en general fuerza iónica entre 0,4 y 1,1 μ). Presentan

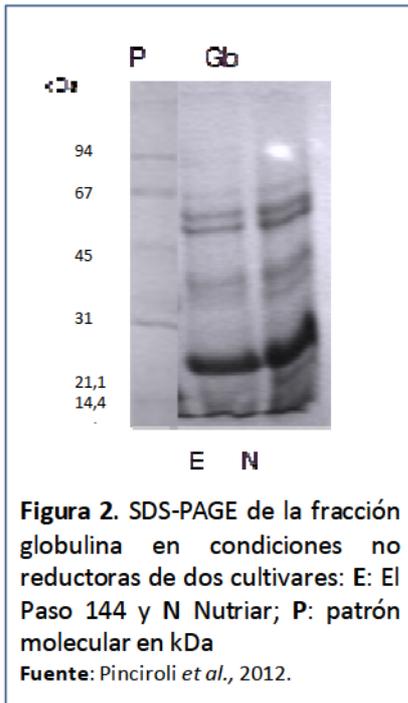


Figura 2. SDS-PAGE de la fracción globulina en condiciones no reductoras de dos cultivares: E: El Paso 144 y N Nutriar; P: patrón molecular en kDa
Fuente: Pincirolí *et al.*, 2012.

una banda característica que corresponde a polipéptidos de 25-26 kDa y otra a los 16-18 kDa. Se localizan dentro de los cuerpos proteicos irregulares (Krishnan *et al.*, 1992), fundamentalmente en el pericarpio del grano (Juliano, 1980) y en el embrión (Sawai and Morita, 1970).

Estudios inmunológicos realizados por Robert *et al.* (1985) revelan que esta fracción tiene gran similitud con las glutelinas. En la Figura 2 pueden observarse el perfil de las globulinas de las variedades El Paso 144 y Nutriar. La banda característica de aproximadamente 26 kDa puede observarse, tanto en condiciones reductoras como no reductoras.

Prolaminas. Constituyen polipéptidos heterogéneos con masas moleculares variables entre 10 y 23 kDa, según los diferentes autores.

Glutelinas. Es la fracción mayoritaria de las proteínas de reserva del arroz.

El contenido de glutelinas se correlaciona positivamente con el de proteína total. Está formada por la proglutelina,

un polipéptido de 55-59 kDa y por dos subunidades α y β también, denominadas subunidades básica y ácida, de pesos moleculares de 22-23 kDa y 37-39 kDa respectivamente. Estos polipéptidos forman agregados de alto peso molecular mediante la presencia de abundantes uniones disulfuro. Esta característica determina su gran insolubilidad: las glutelinas son prácticamente insolubles, excepto en ácidos o álcalis diluidos. Se localizan en el endosperma del grano. En la Figura 3 pueden observarse los perfiles de las glutelinas de las variedades El Paso 144 y Nutriar extraídas con OHNa 0,01N. En condiciones no reductoras (sin β -ME) se presenta una banda muy marcada de aproximadamente 57 kDa que corresponde a los dímeros (señalada con una flecha en la Figura 3). Mientras que en condiciones reductoras (con β -ME) pueden verse la banda correspondiente a la

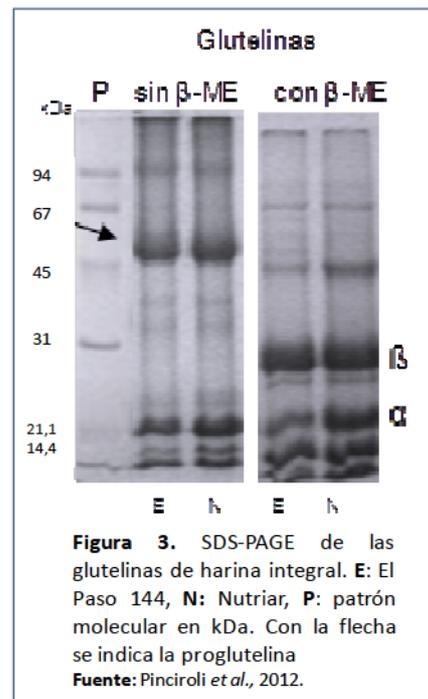


Figura 3. SDS-PAGE de las glutelinas de harina integral. E: El Paso 144, N: Nutriar, P: patrón molecular en kDa. Con la flecha se indica la proglutelina
Fuente: Pincirolí *et al.*, 2012.



proglutelina que no se disocia y en forma notoria las bandas correspondientes a las subunidades α y β que han sido disociadas por la acción del mercapto etanol (β -ME).

CELIAQUÍA

La celiacía es una enfermedad ocasionada por la fracción gliadinas (solubles en alcohol) de las proteínas de algunos cereales entre ellos el trigo. Son básicamente las proteínas formadoras del gluten. El arroz no posee estas proteínas. Esta fracción proteica es la causante de una reacción que genera atrofia de las vellosidades del intestino delgado, concretamente hiperplasia de las criptas, generando interferencias en la absorción de nutrientes.

Los síntomas de esta enfermedad son:

- diarrea crónica,
- retraso del crecimiento infantil,
- fatiga,
- erupciones en la piel,
- pérdida de peso,
- cambios en el carácter,
- vómitos y
- vientre hinchado

Actualmente, el único tratamiento de la celiacía consiste en la adopción de una dieta rigurosamente sin gluten, durante toda la vida; lo que conlleva a una normalización clínica y funcional, así como a la reparación de la lesión vellositaria (Ciclitira, 2005).

COMPOSICIÓN AMINOACÍDICA Y VALOR NUTRICIONAL

La función fundamental de la proteína en la dieta es proporcionar aminoácidos esenciales y nitrógeno aminoacídico para la síntesis de las proteínas y otras sustancias nitrogenadas que intervienen en la composición corporal (Cheftel *et al.*, 1993). La calidad nutricional está gobernada fundamentalmente por la composición aminoacídica. Como puede verse en la Tabla 4, las proteínas animales tienen mayor calidad nutricional es decir, mayor cantidad de aminoácidos esenciales. Si bien en los cereales, la lisina es limitante, el arroz contiene cantidades considerables de este aminoácido esencial (Juliano, 1985; Chandi and Sogi, 2007).

Tabla 4. Aminoácidos presentes en proteínas de distintos orígenes

	Ile	Leu	Thr	Lys	Met	Val	Arg	Tyr	Phe
Animales	5,5	8,2	4,4	8,4	2,9	6	4,8	1,5	4,5
Cereales	4,4	8,5	3,4	2,7	2,2	5,7	4,8	1,1	4,8
Arroz integral	4,5	8,3	3,9	4,4	2,6	6,6	9	4	5,3
Leguminosas	4,4	7,9	4,2	7,3	1,3	4,7	7,6	1,3	5,4

Valores expresados en g/16g de N. Fuente: Dra. Martínez N., comunicación personal 2005.

CONCENTRADOS Y AISLADOS PROTEICOS

La tendencia actual de reducir la ingesta de proteínas animales, así como la disponibilidad de fuentes proteicas vegetales posibilitó que en estos años se desarrollen procesos que mejoren la extracción y las propiedades de las proteínas vegetales para su uso en la alimentación humana.

Se denominan concentrados proteicos a productos alimenticios sólidos o semisólidos que contengan entre 60 y 80% de proteína, mientras que un aislado es un ingrediente con un contenido proteico superior al 80%. La utilización de estos como ingredientes puede repercutir en una mejora de la nutrición. Pueden incorporarse en alimentos infantiles, bebidas nutritivas para adultos, suplementos o en formulaciones adecuadas a distintos requerimientos, ya sea para personas con alteraciones de salud específicas (celíacos) o proporcionando beneficios a personas con un alto nivel de colesterol o triglicéridos en sangre.

En arroz, la vía más conveniente y simple para obtener productos de alto contenido proteico resulta ser la extracción alcalina seguida de una precipitación ácida. No obstante se han estudiado diversos métodos enzimáticos y físicos con el propósito de conservar o mejorar las propiedades nutricionales y funcionales del producto obtenido.

La extracción puede realizarse a partir del grano quebrado (endosperma), del salvado (cubiertas externas) o del grano integral (endosperma, embrión más cubiertas externas).

PROPIEDADES FUNCIONALES

Se puede definir como toda propiedad no nutricional que imparte a un alimento o ingrediente determinadas características sensoriales o determinado comportamiento físico durante su preparación, procesamiento, almacenamiento o consumo (Cheftel *et al.*, 1989). No sólo son importantes en definir la calidad del producto final, sino también en facilitar el proceso de producción.

Las propiedades funcionales son fundamentalmente, un reflejo de las propiedades intrínsecas de las proteínas. Estas dependen del tamaño molecular, forma, composición aminoacídica, secuencia, carga y distribución de la misma, estructura secundaria (α -hélice, β -plegada y estructuras aperiódicas), ordenamientos terciarios y cuaternarios de los segmentos peptídicos, cross-linking intra e inter catenarios, relación hidrofobicidad/hidrofilicidad y relación rigidez/flexibilidad en respuesta a las condiciones externas. Estas propiedades pueden ser alteradas por diversos factores tales como condiciones de procesos, métodos de aislamiento, factores ambientales (pH, temperatura, fuerza iónica, constante dieléctrica del medio), interacción con otros componentes (agua, iones, lípidos, hidratos de carbono, proteínas), concentración de la proteína, modificaciones sufridas por métodos físicos, químicos y enzimáticos, entre otros.

Las propiedades funcionales se pueden clasificar en tres grupos según la interacción que predomine en el proceso (Cheftel *et al.*, 1989 y Bourgeois and Le Roux 1986):

- Propiedades dependientes de la interacción agua-proteína
- Propiedades de superficie
- Propiedades dependientes de la interacción proteínas-lípidos
- Propiedades dependientes de la interacción proteína-proteína

Propiedades dependientes de la interacción agua-proteína

El agua es un ingrediente universal en los sistemas alimentarios. La interacción proteína-agua determina las propiedades de hidratación que influyen en aquellos aspectos inherentes a la formulación, procesamiento y almacenamiento de los alimentos como hidratación, solubilidad, capacidad de retención de agua, capacidad de imbibición de agua.

Solubilidad.

Desde un punto de vista termodinámico, la solubilidad supone: separación de moléculas del disolvente, separación de moléculas de proteína y dispersión de estas últimas en las primeras con máxima interacción entre proteína y disolvente. Para ser soluble, la proteína debe, por consiguiente, interactuar tanto cuanto sea posible con el disolvente (puentes de hidrógeno, dipolo-dipolo, e interacciones iónicas).

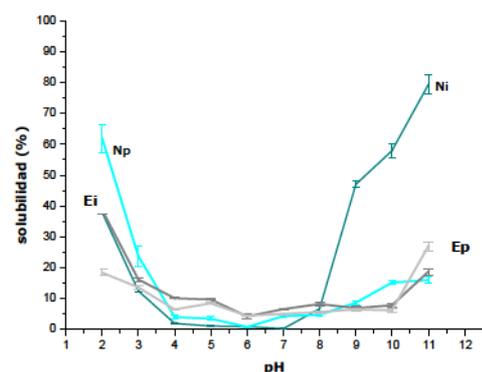


Figura 4. Solubilidad de aislados proteicos provenientes de harina integral (i) y pulido (p) de dos cultivares: Nutriar (N) y El Paso 144 (E)

Fuente: Pincirolí *et al.*, 2012.

La solubilidad depende de:

- **la fuerza iónica** a concentraciones salinas elevadas, la solubilidad de la proteína desciende, lo que puede conducir a la precipitación.
- **la temperatura** En general, la solubilidad de las proteínas aumenta con la temperatura, entre 0° y 40-50°C.
- **el pH.** Si se representa la solubilidad de una determinada proteína en función del pH, suele obtenerse una gráfica en forma de V o de U, cuyo mínimo se corresponde con el punto isoeléctrico.

En la Figura 4 se observa la solubilidad de aislados provenientes de harina de arroz integral y pulido de las variedades Nutriar y el Paso 144. Puede apreciarse la forma de U característica con mayor solubilidad a pHs extremos y en especial muy baja solubilidad a pHs neutros propios de la fracción mayoritaria de las proteínas de arroz que son las glutelinas, que poseen abundantes uniones disulfuro y alto peso molecular.

Capacidad de retención de agua (WHC)

Se define como la capacidad de un alimento hidratado para retener agua en la matriz proteica cuando es sometida a fuerzas externas como la centrifugación, compresión, vacío o presión osmótica. Esta propiedad se ve influida por parámetros del medio como fuerza iónica, pH, temperatura y el tiempo consumido en alcanzar el equilibrio (Kneifel *et al.*, 1991).

La capacidad de *retención de agua* de los ingredientes proteicos juega un importante papel en la textura de diversos alimentos especialmente en masas horneadas (Cheftel *et al.*, 1993) y en la viscosidad intrínseca, importante especialmente, en la elaboración de quesos, masas dulces y variados productos no alimenticios (Kneifel *et al.*, 1991).

Tabla 5. Valores medios de retención de agua y absorción de aceite en diferentes aislados y concentrados proteicos.

	Capacidad de retención de Agua	Absorción de Aceite
Caseína	2,48	1,72
Concentrados de salvado Basmati 370*	3,87	3,74
Concentrados de salvado Basmati 386*	5,6	9,18
Concentrados de salvado HBC19*	4,04	8,14
Aislados de arroz integral**	5,7-7,2	7,59-8,64
Aislados de arroz pulido**	2,6-4,4	7,57-11,34
Aislado proteico de soja***	4,1	4,88

Fuente:* Chandi and Sogi, 2007 (g de agua/g de aislado). ** Pinciroli *et al.*, 2012 (g de agua/g de proteína). *** Okenzie and Bello, 1988 (g de agua/g de aislado).

En la Tabla 5 puede observarse que la capacidad de retención de agua de diferentes aislados proteicos de arroz es mayor que los de la caseína. Estos serían indicados para alimentos viscosos como sopas, salsas o jugos que requieran alta retención de agua.

Propiedades de superficie: espuma y emulsiones

Las espumas y emulsiones están presentes en la mayoría de los alimentos procesados. Existe una gran variedad de espumas o batidos en alimentos de consistencias muy diversas, tales como merengues, malvaviscos, productos de pastelería y confitería, cremas batidas, aderezos, algunas pastas, helados, suflés, espuma de cerveza, incluso en el pan. Una espuma o una emulsión alimenticia es una dispersión de burbujas de gas o de gotitas en una fase continua líquida o semilíquida, ambas fases son no miscibles. En los alimentos basados en emulsiones y espumas, las proteínas desempeñan un rol fundamental como agentes tensioactivos. Debido a su naturaleza anfifílica, tienen tendencia a desnaturalizarse y agregarse en interfases, formando películas que constituyen una barrera protectora conteniendo las burbujas o gotitas. La habilidad de las proteínas para actuar como agentes tensioactivos depende de su habilidad para adsorberse a las interfases, reducir la tensión interfacial y formar un film cohesivo.

Espumas

Las espumas son burbujas de aire en una matriz acuosa. Al estudiar las propiedades de las proteínas se debe distinguir entre la capacidad de formación de espuma y su capacidad para estabilizar el sistema. La primera está relacionada con la velocidad de las proteínas de migrar y adsorberse rápidamente en la interfase aire-líquido y formar una lamela alrededor de la burbuja. Para que esto ocurra la proteína debe ser soluble, flexible, tener baja masa molecular y un adecuado balance lipofílico-hidrofílico. Mientras que para que el sistema resulte estable, esta película debe mantenerse en el tiempo lo cual está relacionado a la flexibilidad o rigidez de esa lamela formada e involucran la estructura secundaria y terciaria de la proteína (Tang *et al.*, 2003).

Una de las formas de medir la actividad espumante es provocar un burbujeo de N₂ sobre una solución proteica y medir la conductividad del líquido incorporado a la espuma mediante electrodos. Cuanto más pequeñas y esféricas resultan las burbujas, mayor es la estabilidad de las espumas (Figura 5).

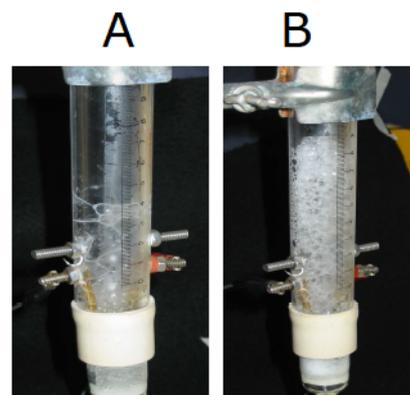


Figura 5. Espumas de distinta estabilidad. A: con burbujas poliédricas, B: con burbujas esféricas.

Fuente: Pincirolí *et al.*, 2012.



La capacidad de formar espuma de los aislados provenientes de la variedad de arroz Nutriar ($V_{max}=4,66$ ml, Pincioli *et al.*, 2012) resultó superior a la de los aislados proteicos de soja ($V_{max}=2,96$ ml; Ventureira, comunicación personal) y superiores a los observados por Tang *et al.*, (2003) en aislados de salvado de arroz.

Emulsiones

Son dispersiones de dos líquidos no miscibles, uno se encuentra bajo la forma de pequeñas gotitas dispersas y el otro es la fase continua dispersante. La mayor parte de las emulsiones alimenticias son emulsiones de aceite en agua o bien de agua en aceite. Constituye un sistema termodinámicamente inestable. Desde el momento en que se forma una emulsión, por dispersión de una fase en otra, comienza simultáneamente el proceso de desestabilización, que tiende a una disminución del área interfacial y origina finalmente la separación parcial o total de las dos fases inmiscibles. La capacidad de formar y estabilizar una emulsión está altamente relacionada con la solubilidad de la proteína: las proteínas no disueltas contribuyen muy poco a la emulsión. El pH también influye sobre esta propiedad ya que en sus puntos isoeléctricos son escasamente solubles (Cheftel *et al.*, 1993). Una de las formas de medir la actividad emulsificante es realizando primero, una homogenización de la suspensión proteica en la fase oleosa, seguido de un barrido óptico con QuickScan en el tubo de medida, con una longitud de onda de 850 nm o lectura con un espectrofotómetro a 500 nm (Tang *et al.*, 2003).

Propiedades dependientes de la interacción proteínas – lípidos

Absorción de aceite

En ciertas oportunidades resulta conveniente que los ingredientes proteicos deshidratados absorban cierta cantidad de aceite y la retengan (Cheftel *et al.*, 1993). Esta propiedad es esencial en la formulación de sistemas alimentarios como salchichas, batidos, mayonesas o aderezos salados. La materia grasa en un alimento es fundamental para aumentar la palatabilidad del mismo. Se sabe que parámetros como tamaño de macromoléculas, área superficial, carga eléctrica e hidrofobicidad, así como la fuerza iónica del medio afectan la absorción de aceite (Gonzalez, 1999). En numerosos alimentos son frecuentes las interacciones entre proteínas y lípidos, donde no participan enlaces covalentes sino interacciones hidrofóbicas entre cadenas alifáticas apolares de los lípidos y regiones apolares de las proteínas. La interacción proteína-lípido está relacionada con la solubilidad: las proteínas insolubles son las que mayor cantidad de aceite fijan y tanto más, cuanto más hidrófobas sean.

En la Tabla 5 puede observarse la superioridad de la capacidad de absorción de aceite de distintos aislados de arroz con respecto a la caseína.



Propiedades dependientes de la interacción proteína-proteína

Una de las propiedades funcionales más importantes de las proteínas es la capacidad de formar geles después del calentamiento. La gelificación determina muchos parámetros reológicos en los productos alimenticios sólidos o semisólidos porque contribuye a la textura, apariencia y actúa como una matriz rígida que retiene, no solamente agua, sino también lípidos, proteínas disueltas, carbohidratos y otras especies (Ker y Toledo 1992). El proceso se realiza en dos etapas, la primera implica el desenrollamiento y la desnaturalización de las proteínas a elevadas temperaturas, la segunda consiste en la formación del gel (estructura tridimensional ordenada), producto de la interacción proteína-proteína, que retiene el agua (Gonzales, 1999) y se lleva a cabo a bajas temperaturas. Los geles en los alimentos son inducidos, generalmente, por el tratamiento térmico de la suspensión, seguido de un rápido enfriamiento aunque también pueden formarse por acción enzimática o por adición de iones divalentes.

La dureza del gel depende de la intensidad de las fuerzas que constituyen dicha estructura (uniones hidrófobas, hidrófilas y covalentes) y éstas, son dependientes del pH, de la concentración de las proteínas, de la temperatura, de la fuerza iónica, del grado de desnaturalización proteica (Gonzales, 1999). Para medir la capacidad gelificante de los materiales se han propuesto varias metodologías, siendo una de las más usadas la establecida por Coffman y Garcia (1977), modificada por Sathe y Salunkhe (1981) que se fundamenta en la determinación de la mínima concentración a la que gelifica una suspensión de material proteico en agua después de haber sido calentada y enfriada. De acuerdo a esto, mientras menor sea dicha concentración mayor será la capacidad gelificante del material.

La concentración mínima de gelación de glutelinas de arroz es del 4% a pH 4 y pH 7 y de 6% a pH 9 (Agboola *et al.*, 2005), relativamente menor si se comparan con proteínas de trigo que poseen concentraciones mínimas de gelación de 8-10,5% para pH de 6,5 y 8 respectivamente. Propiedad que resulta muy promisoría para su aplicación en alimentos y posiblemente se deba al gran número de puentes de disulfuro. Sathe y Salunkhe (1981) determinaron que la capacidad de gelificar no solo depende de la cantidad de proteína sino del tipo de proteína y de los componentes no proteicos (González Quijada, 1999).

Los asilados proteicos presentan diferencias en las propiedades funcionales según sean provenientes de salvado, de harina integral o de harina de grano pulido. También se observan diferencias según las variedades de arroz utilizadas para prepararlos. De esta manera, a partir del grano de arroz se podría obtener un ingrediente económico, factible de ser utilizado en la elaboración de quesos, masas dulces y variados productos; destacándose, especialmente, por su capacidad de retención de agua y de absorción de aceite.

Si bien las proteínas animales poseen mejores propiedades funcionales, podrían mejorarse las propiedades de las proteínas vegetales cambiando las condiciones del medio por ejemplo el pH o mejorando la solubilidad mediante hidrólisis o acilación.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agboola, S.; Darren, N. and Mills, D. 2005. Characterization and functional properties of Australian rice protein isolates. *Journal of Cereal Science*, 41: 283-290.
- Bourgeois, C. M. and Le Roux, P. Proteínas animales. Editorial El Manual Moderno S.A. de C.V. 1986, p. 215-335,336.
- Bean, M. M. and Nishita, K. D. 1985. Rice flours for baking. In: Juliano BO editor Rice: chemistry and technology, 2nd. Ed St. Paul, American Association of Cereal Chemists, p. 539-556.
- Chandi, G. K. and Sogi, D. S. 2007. Functional properties of rice bran protein concentrates. *Journal of Food Engineering*, 79: 592-597.
- Cheftel, J.; Cuq, J. and Lorient, D. 1989. Proteínas alimentarias. Editorial Acribia, Zaragoza, España. Cap. 4, p.49-100.
- Cheftel, J.; Cuq, J. y Lorient, D. 1993. Aminoácidos, péptidos y proteínas. En Química de los Alimentos. Director O. Fennema. Acribia; p. 275-414.
- Ciclitira, P. Gluten-free diet-What is toxic? *Best Parctice & Research Clinical Gastroenterology* 2005; 19 (3): 359.
- Coffman, C. W. and Garcia, V. V. 1977. Functional properties and amino acid content of a protein isolate from mung bean flour. *Journal of Food Technology* 12:473
- Gandhi, A. P; Khare, S. K. and Jha, K. 2000. Preparation and characterization of protein isolates from soymeal. *Journal of Food Science and Technology*, 37: 624-626.
- Gonzalez Quijada, R. 1999. Caracterización fisicoquímica y valoración nutricional y funcional de un aislado proteico obtenido de la semilla de ébano. *Pithecellobium flexicaule* (Benth) tesis doctoral Univ. Autónoma de Nueva León. Monterrey 1999. http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080124462/1080124462_02.pdf. Fecha de consulta: 28/2/2012.
- Juliano, B. O. 1980. Cap X. Properties of rice caryopsis, p.403-438. In: Luh B. S. Rice production and utilization. Ed. AVI Publishing Company, Inc. 924p.
- Juliano, B. O. 1985. Rice Chemistry and Technology. 2nd Edition (edited by B.O. Juliano). American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA. 774 p.
- Kawamura, Y. and Muramoto, M. 1993. Anti-tumorogenic and immunoactive protein and peptide factors in food stuff. 2. Antitumorogenic factors in rice bran. In: Waldron, K. W.; Jonson, I. T.; Fenwick, I. R. editors. Food and cancer prevention. Chemical and biological Aspects. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, p. 331-401.
- Ker, Y. C. and Toledo, R. T. 1992. Influence of shear treatments on consistency and gelling properties of whey protein isolate suspensions. *Journal of Food Science*; 57(1):82-85.
- Kneifel, W.; Paquin, P.; Abert, T. and Richard, J. P. 1991 Dairy foods. Water-holding capacity of proteins with special regard to milk proteins and methodological aspects - A Review. *Journal of Dairy Science*; 74: 2027-2041.

- 
- Krishnan, H. B.; White, J. A. and Pueppke, S. G. 1992. Characterization and localization of rice (*Oryza sativa* L.) seed globulins. *Plant Science*, 81: 1-11.
- Larkins, B. A. 1981. Seed storage protein: Characterization and Biosynthesis, cap 11, p. 450-489. *In: The biochemistry of plant*, vol 6. Ed. Academic Press, Inc. ISBN 0-12-675406-3.
- Okezie, B. O. and Bello, A. B. 1988. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. *Journal of Food Science*; 53, n. 2: 450-454.
- Osborne, T. 1924. *In: The Vegetable Proteins*. 2da. Edición. Ed. Longmans and Green, Nueva York.
- Pincirolí, M.; Martínez, E. N. y Vidal, A. A. 2012. *Proteínas de arroz: Propiedades estructurales y funcionales*, Editorial Académica Española, 76 p.
- Pomeranz, Y. and Ory, R. L. 1982. Rice processing and utilization. *In CRC Handbook of Processing and Utilization in Agriculture*; Wolff, I. A., Ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, Vol. II: 139–186.
- Robert, L. S.; Nozolillo, C. and Altosaar, I. 1985. Homology between rice glutelin and oat 12S globulin. *Biochimica et Biophysica Acta*; 829: 19-26.
- Sathe, S. K. and Salunkhe, D. K. 1981. Functional properties of the Great Northern bean (*Phaseolus vulgaris* L.) proteins: Emulsion, foaming, viscosity and gelation properties. *Journal of Food Science*; 46: 71-75.
- Sawai, H. and Morita, Y. 1970. Studies on γ -globulin of rice embryo. Part II. Separation of three components of γ -globulin by ion exchange chromatography. *Agricultural and Biological Chemistry*; 34 (1): 53-60.
- Shih, F. F. 2003. Review: An update on the processing of high-protein rice products. *Nahrung/Food*; 47 (6): 420-424.
- Tang, S.; Hettiarachchy, N. S.; Horax, R. and Eswaranandam, S. 2003. Physicochemical properties and functionality of rice bran protein hydrolyzate prepared from heat-stabilized defatted rice bran with the aid of enzymes. *Journal of Food Science*; 68 (1): 152-157.
- Zhai, C. K.; Lu, C. M.; Zhang, X. Q.; Sun, G. J. and Lorenz, K. J. 2001. Comparative study on nutritional value of Chinese and North American wild rice. *Journal of Food Composition and Analysis*; 14: 371-382.



CAPÍTULO VI

ARROCES ESPECIALES: ARROZ AROMÁTICO

María Pincioli





INTRODUCCIÓN

Dentro de los arroces especiales se encuentran los aromáticos. Son muy populares en Asia, aunque en la actualidad, están siendo muy aceptados en Europa y Estados Unidos. Su característica es un especial aroma (similar al pochoclo para occidente y al pandan o pino fragante en oriente) que le permite, junto a otras características, obtener altos precios en el mercado. Si bien existen en la actualidad más de 400 variedades tradicionales de arroz aromático en 18 países, la variedad por excelencia es Basmati 370. En ella se conjugan el aroma, lo fino de sus granos, la textura suave, esponjosa y tersa al cocinarlo, y su extraordinaria elongación características que lo han convertido en el arroz máspreciado, con un valor hasta 10 veces mayor que el del arroz común en el mercado internacional.

PARÁMETROS DE CALIDAD *BASMATI*

Tabla 1. Valores medios de los parámetros de calidad *basmati* en grano.

Calidad industrial	Valores promedio
Aroma	fuerte
Dimensiones del grano:	
Largo (mm)	6,5
Ancho (mm)	2,0
Relación L/A	3,5
Grano entero (%)	40
Calidad culinaria	
Contenido de amilosa (%)	22-23
Contenido de proteína (%)	9
Álcali-test	5-6
Consistencia de gel (mm)	>68
Volumen de expansión (ml)	>3,7
Absorción de agua (ml)	>250
Elongación del grano	>1,5
Largo de grano cocido (mm)	>10

Fuente: Lodh, 1980.

El Basmati es un arroz de tipo comercial largo y fino, traslúcido, con fuerte aroma (Figuras 1). En la tabla 1 se presentan los valores medios de los parámetros que caracterizan la calidad *basmati*. Una vez cocidos, los granos quedan secos y sueltos y permanecen tiernos al enfriarse y tienen la propiedad de elongarse hasta un 100% (Figuras 2). Esta característica está relacionada con la capacidad de absorción de agua (Sood *et al.*, 1979).

EL AROMA

Si bien se han determinado alrededor de 200 compuestos volátiles responsables del sabor y el olor (Champagne, 2008), el componente principal es el 2-acetil-1-pirrolina (2AP) (Figura 3). La variedad Basmati 370 posee una concentración de 2AP hasta 12 veces mayor que las tradicionales no aromáticas.



Figura 1: Variedad Basmati, grano pulido.



Figura 2. Elongación del grano después de la cocción: Tipo Basmati (izda, en pulgadas) y tipo largo fino.

DETERMINACIÓN DEL 2-ACETIL-1-PIRROLINA

Los métodos de determinación del contenido de 2-acetil-1-pirrolina pueden clasificarse en sensoriales o cualitativos y cuantitativos.

Métodos sensoriales. El aroma y el sabor del arroz se pueden caracterizar analíticamente por panelistas entrenados mediante un análisis sensorial descriptivo. Los métodos se basan en la liberación de compuestos volátiles en medio ligeramente alcalino. Son sencillos y económicos, factibles de ser aplicados en programas de mejoramiento donde el material a evaluar es muy numeroso y el tiempo es reducido. En estado de panojamiento, se trozan hojas bandera y se colocan en cajas de Petri. Se agrega una solución de KOH al 1,7% y se tapan. Luego de 1 hora de reposo a

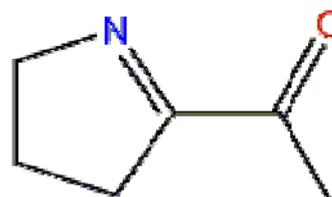


Figura 3. 2-acetil-1-pirrolina (2AP)



temperatura ambiente, se abren y rápidamente se huelen. Esto debe ser realizado al menos por 4-6 panelistas capacitados y la escala será con aroma (+) y sin aroma (-). Pueden utilizarse granos pulidos, cocidos que deberán ser evaluados también por panelistas hábiles en distinguir el aroma (Sarhadi *et al.*, 2004). Otra forma de evaluar es utilizando harina de arroz integral en una solución 0,1N de KOH, calentada a 40-50°C (Buttery *et al.*, 1983). Estos métodos, si bien son rápidos y económicos, son extremadamente subjetivos, más aún, si se considera la extraordinaria variación en la intensidad y origen del principio aromático.

Métodos cuantitativos. Son más precisos pero requieren de costosos equipos. La cuantificación de los compuestos volátiles es dificultosa. El número y la cantidad de los mismos dependerá de cómo se prepare la muestra: el perfil del arroz sin cocinar difiere del cocido; el de la harina difiere del de los granos intactos. Los métodos para la determinación de los compuestos volátiles en el arroz tienen protocolos, esquemas específicos para la recolección, concentración, separación y cuantificación (Champagne, 2008). El más utilizado es la determinación por Cromatografía gaseosa (GC) para la separación, seguido de un espectrómetro de masas (MS) como detector.

En la actualidad se puede discriminar por PCR los genotipos con y sin aroma (Bradbury *et al.*, 2005). Mediante la amplificación específica de alelos (ASA), se puede identificar los cultivares aromáticos ya que llevan la supresión de 8 pb “carry the 8-bp deletion”.

FACTORES QUE AFECTAN EL AROMA

Los factores que afectan el aroma los podemos clasificar en:

Genéticos: Se ha demostrado que el aroma se rige por un solo gen recesivo localizado en el cromosoma 8 (Lorieux *et al.*, 1996, Yanjun *et al.*, 2001). Aunque algunos autores en la actualidad sugieren que la supresión de 8-pb no es la única causa del aroma (Fitzgerald *et al.*, 2008).

Ambientales: gran amplitud térmica diaria, noches frescas y mayor altitud, favorecen la concentración del aroma. Por sus condiciones climáticas, la mejor zona para la producción de arroz aromático es el noreste de India y noreste de Pakistán. Las mismas variedades sembradas en otra zona sufren un deterioro en su calidad (Khush and Juliano, 1992). En un estudio realizado por Itani *et al.* (2004) durante 3 años, sobre 2 variedades aromáticas (cv. Hieri y cv. Sari Queen) cultivadas en cámaras con temperatura controlada (35/30°C y 25/20°C día/noche), se observó que las temperaturas menores (25/20°C día/noche) favorecen la concentración de 2AP.

Tecnología de cultivo. En este ítem podemos destacar:

Fertilización nitrogenada y contenido proteico en grano. Algunos autores han observado que para la misma variedad, un menor contenido de proteína en grano se correspondió con un mayor *flavor* (Juliano *et al.*, 1965; Park *et al.*, 2001; Champagne *et al.*, 2004). Otros autores, estudiando el aroma en cinco variedades de arroz con la aplicación de N en distintas cantidades, no encontraron diferencias en aroma y sabor con contenidos de proteína en grano de 7,7 y 9,2% (Champagne *et al.*, 2007).

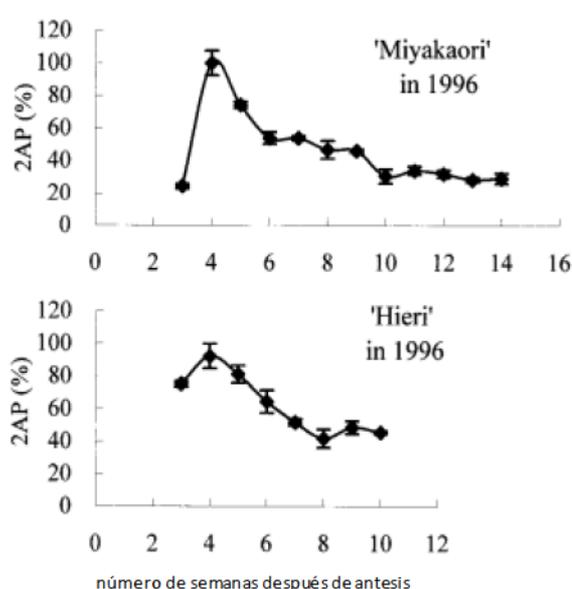


Figura 4. Cambios en la concentración de 2 acetil-1-pirrolina (2AP) después de antesis de los cultivares de arroz aromáticos Miyakaori e Hierí. El valor de 100% corresponde a la concentración máxima.

Fuente: Itani *et al.*, (2004).

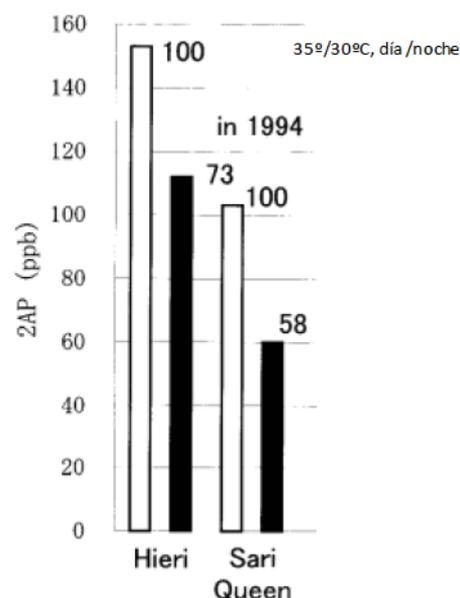


Figura 5. Concentración de 2 acetil-1-pirrolina (2AP) en distintas condiciones de temperatura durante 10 días después de antesis de los cultivares de arroz aromáticos Miyakaori e Hierí.

Fuente: Itani *et al.*, (2004).

Época de cosecha: El aroma disminuye con el grado de madurez. Durante el desarrollo del cultivo, se observó que el máximo de aroma se alcanza a las 4 semanas después de antesis. Arai e Itani (2000) encontraron que, cuando el arroz se cosechó 10 días antes de la fecha normal tradicional, el arroz cocido resultó más dulce y delicioso.

Secado del grano: En el arroz secado a altas temperaturas, la concentración de 2-AP disminuyó (Itani and Fushimi 1996). Es recomendable secar al sol o con temperaturas no mayores a 30-40°C.



Tiempo de almacenaje: El aroma se pierde con el tiempo de almacenaje. (Wongpornchai *et al.*, 2004) observaron que independientemente del método de secado, la concentración de 2-AP disminuyó durante 10 meses de almacenamiento para el arroz con cáscara, especialmente a principios del almacenamiento. Estos autores analizaron la concentración de 2-AP en muestras de arroz sometidas a seis diferentes métodos de secado. Después de un mes de almacenamiento, la concentración de 2-AP promedio de todos los tratamientos, fue de $4,02 \pm 0,60$ ppm, después de cuatro meses resultó la mitad ($1,88 \pm 0,27$ ppm) y después de 10 meses la concentración de 2-AP se redujo a un cuarto ($0,89 \pm 0,12$ ppm).

Método de cocción: Los diferentes métodos de cocción influyen en el sabor del arroz. Comparando dos métodos de cocción: uno con exceso de agua y otro con agua justa se observó mejor sabor en el arroz cocido sin exceso de agua. Es posible que los compuestos del sabor se pierdan por lixiviación después de la cocción (Champagne, 2008).

Cada país ha desarrollado arroces aromáticos locales con características propias y aromas diferentes en función del principio aromático predominante. Así, Tailandia ha impuesto el arroz Jazmín. Argentina ha inscripto la variedad La Candelaria con excelente calidad y aroma que en la actualidad se encuentra en proceso de difusión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arai, E. and Itani, T. 2000. Effects of early harvesting of grains on taste characteristics of cooked rice. *Food Sci. Technol. Res.* 6:252-256.
- Bradbury, L. M. T.; Fitzgerald, T. L.; Henry, R. J.; Jin, Q. and Waters, D. L. E. 2005. The gene for fragrance in rice. *Plant Biotechnology*, 3, pp. 363–370. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-7652.2005.00131.x>
- Buttery R. G., Ling L. C. Juliano B. O. and Turnbaugh J. G. 1983 *J. Agricultural Food Chemistry*. 31: 823-826.
- Champagne, E. T.; Bett-Garber, K. L.; McClung, A. M. and Bergman, C. 2004. Sensory characteristics of diverse rice cultivars as influenced by genetic and environmental factors. *Cereal Chemistry*; 81: 237-243.
- Champagne, E. T. 2008. Rice Aroma and Flavor: A Literature Review http://www.redorbit.com/news/business/1521336/rice_aroma_and_flavor_a_literature_review. Fecha de consulta: 24/2/2012.
- Champagne, E. T.; Bett-Garber, K. L.; Grimm, C. C. and McClung, A. M. 2007. Effects of organic fertility management on physicochemical properties and sensory quality of diverse rice cultivars. *Cereal Chemistry*; 84:320-327.
- Fitzgerald, M. A.; Sackville Hamilton, N. R.; Calingacion, M. N.; Verhoeven, H. A.; Butardo, V. M. 2008. Is there a second fragrance gene in rice? *Plant Biotechnology Journal*; 6(4): 416-423.

- 
- Itani, T. and Fushimi, T. 1996. Influence of pre- and post- harvest conditions on 2-acetyl-1-pyrroline concentration in aromatic rice. *Crop Research in Asia: Achievements and Perspective*. ACSA: 728- 729.
- Itani, T.; Tamaki, M.; Hayata, Y.; Fushimi, T. and Hashizume, K. 2004. Variation of 2-Acetyl-1-Pyrroline concentration in aromatic rice grains collected in the same region in Japan and factors affecting its concentration. *Plant Production Science*; 7(2): 178-183.
- Juliano, B. O.; Onate, L .U. and Del Mundo, A. M. 1965. Relations of starch composition, protein content and gelatinization temperature to the cooking and eating quality of milled rice. *Food Technology*; 19(12): 1006-1011.
- Khush G. S. and Juliano B.O. 1992. Rice grain quality and marketing; p. 61-69. IRRI. Los Baños, Philippines.
- Lodh, B. 1980. *In*: HYE BQT Meeting, Indian Agricultural Research Institute (IARI), New Delhi, India.
- Lorieux, M.; Petrov, M.; Huang, N.; Guiderdoni, E. and Ghesquière, A. 1996. Aroma in rice: genetic analysis of a quantitative trait *Theoretical and Applied Genetics*; 93: 1145-1151.
- Park, J. K.; Kim, S. S. and Kim, K. O. 2001. Effect of milling ratio on sensory properties of cooked rice and on physicochemical properties of milled and cooked rice. *Cereal Chemistry*; 78: 151-156.
- Sarhadi, W. A.; Hien, N. L.; Zanjani, M.; Yosofzai, W.; Yoshihashi, T. and Hirata, Y. 2004. Comparative Analyses for Aroma and Agronomic Traits of Native Rice Cultivars from Central Asia. *Journal Crop Science and Biotechnolgy*. 11 (1): 17-22.
- Sood, G. B. and Siddiq, E. A. 1979. Geographical distribution of kernel elongation gene (s) in rice. *Indian Journal Genetic Plant Breeding*; 40: 439–442.
- Wongpornchai, S.; Dumri, K.; Jongkaewwattana, S. and Siri, B. 2004. Effects of drying methods and storage time on the aroma and milling quality of rice (*Oryza sativa* L.) cv. Khao Dawk Mali 105. *Food Chemistry*; 87: 407-414.
- Wongpornchai, S.; Dumri, K.; Jongkaewwattana, S. and Siri, B. 2004. Effects of drying methods and storage time on the aroma and milling quality of rice (*Oryza sativa* L.) cv. Khao Dawk Mali-105. *Food Chemistry*; 87: 407-414.
- YanJun, D.; Eiji, T. and Hiroyuki, T. 2001. Trisomic genetic analysis of aroma in three Japanese native rice varieties (*Oryza sativa* L.) *Euphytica*; v.117 (3): 191-196.



CAPÍTULO VII

ACEITE DE SALVADO DE ARROZ

Nora Ponzio y Maité Salsamendi



<http://www.clubaove.com>

INTRODUCCIÓN

El descascarado y molienda del arroz provee de distintos subproductos, siendo uno de ellos el salvado, compuesto por el embrión y las capas externas (aleurona, tegumento, y pericarpio).

En los molinos tradicionales, se separa la cáscara externa de la mayor parte del salvado en una sola operación obteniéndose una mezcla de los mismos. En la Figura 1 se observa una descascaradora española.



Figura 1. Antigua descascaradora de arroz. Museo de arroz de Calasparra, España.

En los molinos arroceros modernos, primero se descascara el grano, manteniendo el salvado sobre el endosperma, que luego, es removido en el proceso de pulido que es una operación separada. Por lo tanto el salvado y la cáscara se obtienen como fracciones separadas. En la Figura 2 se observa maquinaria moderna para ambos procesos.

El salvado de arroz, en comparación con otros salvados de cereal, es una fuente rica de aceites, fosfátidos y ceras de buena calidad. Antiguamente era muy apreciado como forraje para ganado.

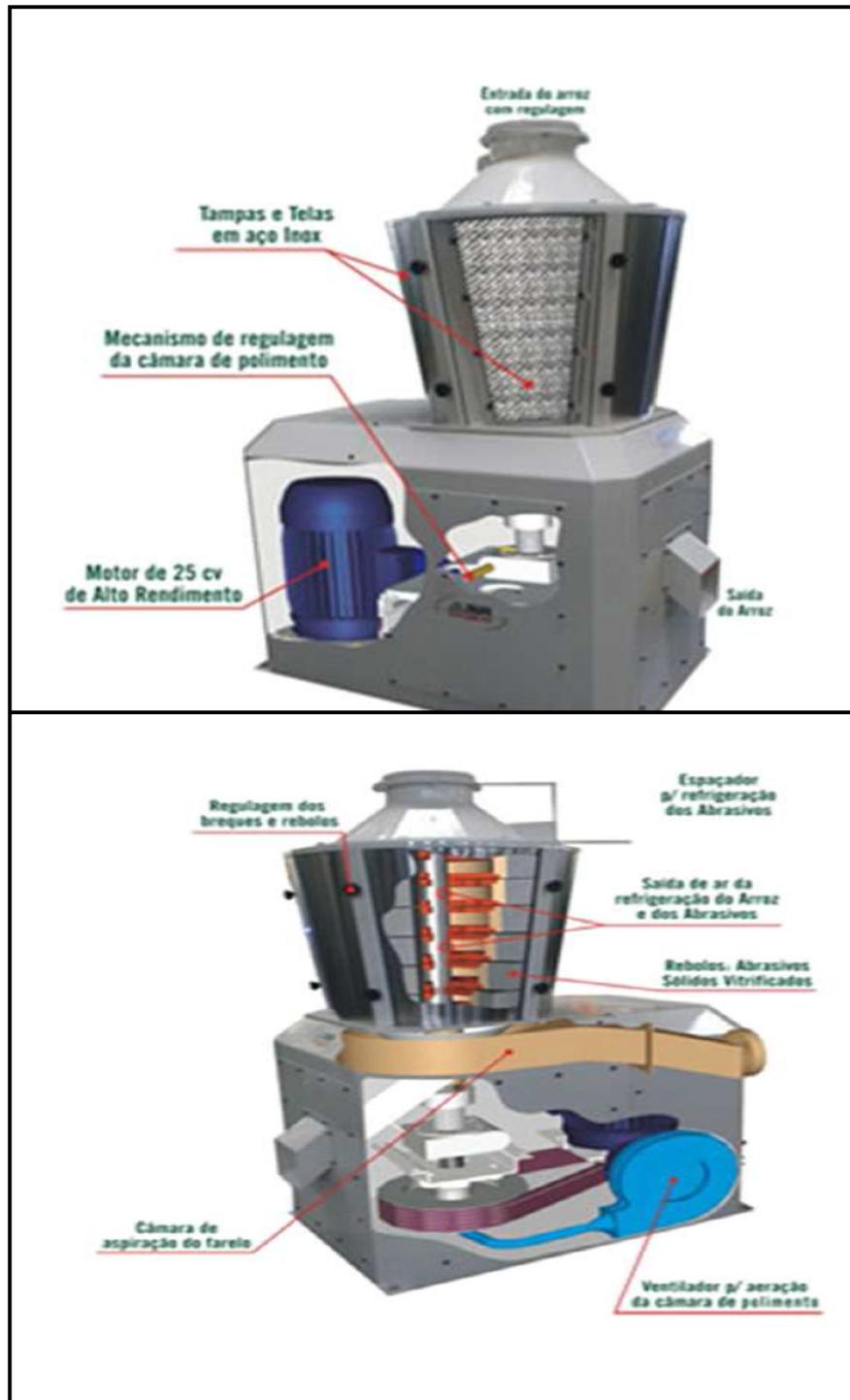


Figura 2. Pulidora (arriba) y descascaradora (abajo) de arroz ITALBRAS.

El arroz, en su proceso de parboilizado, luego de sumergir los granos en agua hirviendo, permite una transferencia de aceites, desde las capas de aleurona al salvado, permitiendo un incremento en el contenido de aceite del salvado. En la Figura 3 se observan granos parboilizados sin pulir.



Figura 3. Arroz descascarado y parboilizado, antes del pulido.

PRODUCCIÓN DE ACEITE CRUDO

Se estima que actualmente se produce, a nivel mundial, menos de 1 tonelada métrica de aceite crudo de salvado de arroz, siendo la mayor parte del mismo de grado industrial, lo que significa que un 90% del salvado de arroz disponible en el mundo no está siendo utilizado para la extracción de aceite. Por otra parte, sólo entre el 10-20% del aceite logrado posee calidad comestible debido a la presencia de una muy activa lipasa, responsable de la desestabilización del aceite crudo (Orthofer, 2005).

En la Figura 4 se puede observar un diagrama de la extracción de aceite de arroz refinado. La extracción puede ser realizada:

Por solventes: se utiliza el hexano al igual que en otras extracciones de aceites vegetales (O'Brien, 2004). La temperatura óptima de extracción que permitiría lograr un aceite de calidad comestible, apto para el refinado, ronda los 60°C. Se obtiene un aceite de color marrón oscuro con un tinte verdoso que, de acuerdo a Pagano *et al.* (2010), para lograr una buena performance en el proceso, se recomienda la utilización de una montmorillonita pilareada (P-120) en la primera etapa, seguida de una segunda etapa donde se utilizan montmorillonita activada (Act) por ácido y tierra de blanqueo comercial (Ts), lográndose así altos porcentajes de remoción de clorofila. Es de destacar que en Uruguay, un altísimo porcentaje del aceite que se utiliza para fritura en restaurantes y domiciliaria proviene del aceite de arroz, subproducto de las arroceras del norte del país.

Con CO₂ supercrítico: Se utiliza CO₂ a 500 bar y una temperatura de 50 °C, lo que logra extraer el aceite del salvado de arroz en 60 minutos con una eficiencia de extracción similar a la del hexano, consiguiendo micronutrientes como el oryzanol, tocotrienoles y esteroides. Ausencia de fosfátidos, bajo contenido de ceras y bajo valor de color.

Los factores principales que determinan la calidad del aceite crudo son: los métodos de molienda, el tratamiento previo del arroz (cocido vs. crudo) y el tiempo de almacenaje del salvado (Orthofer, 2005).

El contenido de ácidos grasos libres es el principal determinante de la calidad del aceite industrializado (no crudo) y puede oscilar entre 5% y 30% del contenido total del aceite. Los contenidos de goma oscilan entre 1% y 3% y los de ceras entre 2% y 5%.

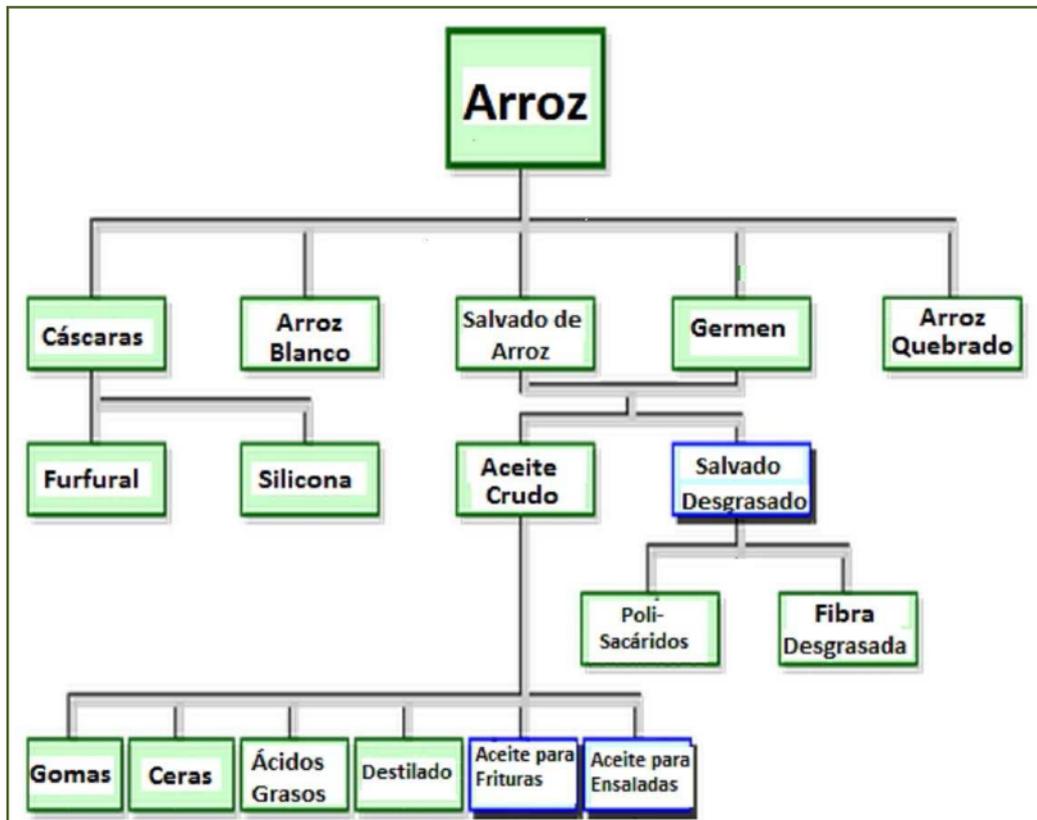


Figura 4. El diagrama muestra un esquema de la obtención de aceite de arroz para fritura y ensalada. Fuente: página web empresa Tsuno.

¿QUÉ OFRECE EL ACEITE DE ARROZ?

El aceite de este cereal está particularmente enriquecido en fitoquímicos bioactivos como:

Oryzanol: exclusivo de este aceite, es una mezcla de ésteres del ácido ferúlico y alcoholes triterpenoides (entre el 1% y 2%), indicado para reducir la hipercolesterolemia.

Tocoles: 0,2% del aceite total. De los cuales el 70 % se debe a tocotrienoles y el resto a tocoferoles.

Tocotrienoles: son conocidos por su potencia antioxidante *in vivo*, en comparación con los α -tocoferoles. Actúan como inmuno-moduladores, inhibidores del agregado plaquetario, antitrombótico y anticancerígenos.

Fitoesteroles: (2% del aceite total). Este aceite se distingue del resto de los aceites vegetales comunes por contener el nivel más elevado de estos elementos.

Escualeno(seis unidades de isopreno): se encuentran cantidades sustanciales, que revisten importancia por sus propiedades anticancerígenas (Ronco, 2009).

Composición balanceada de ácidos grasos: 16:0, 15% - 18:0, 1,5% - 18:1, 44% - 18:2, 35%. (Orthofer, 2005).

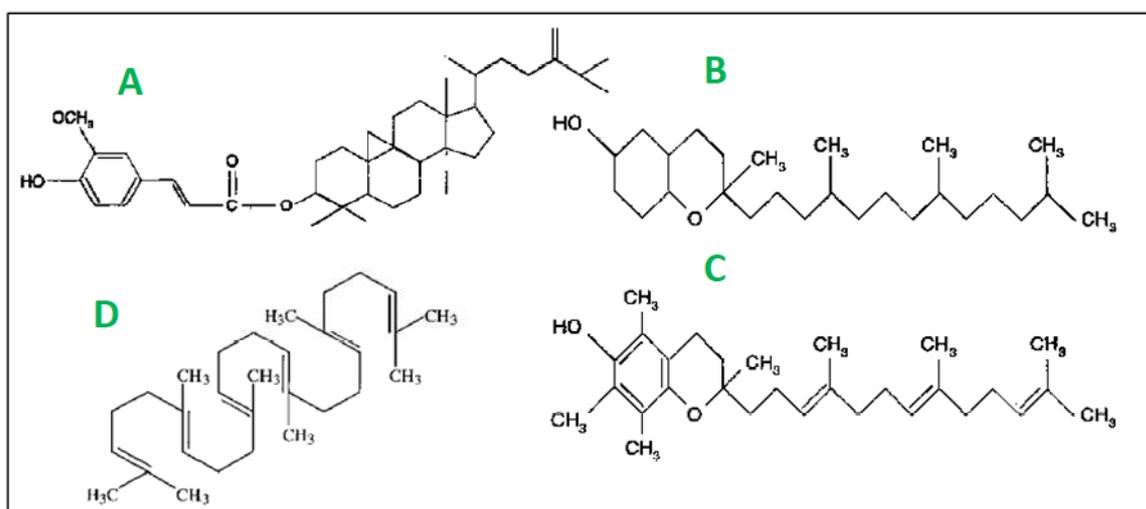


Figura 5. Estructura química de A: Oryzanol, B: Tocoferol, C: Tocotrienol, D: Escualeno.

REFINADO

La refinación química no es adecuada ya que ocasiona una gran pérdida de aceite neutro, como así también la remoción de casi todo el contenido de oryzanol y cantidades sustanciales de tocoles.

Bajo condiciones de refinación física (260 °C) los elevados contenidos de fosfátidos y ceras hacen difícil la misma, porque aún trazas de estas sustancias tornarían amarronado al aceite. A pesar de dichas complicaciones es la refinación utilizada.

Los procesos de refinación utilizados son:

Desgomado: separación de fosfátidos para reducirlos a menos de 5ppm en el aceite. Se hace mediante enzimas, ya que se ve imposibilitado el desgomado tradicional con ácido fosfórico y agua debido a la gran cantidad de fosfátidos no hidratables.

Descerado: el objetivo es reducir a niveles mínimos el contenido de ceras, esto se logra mediante la cristalización de las mismas bajo enfriamiento controlado, similar a la winterización utilizada en otros aceites.

Desgomado y descerado simultáneo: se realiza tratando el aceite crudo con cloruro de calcio en solución acuosa, seguido por la cristalización bajo enfriamiento en dos pasos (antes y después del blanqueo). Este proceso podría disminuir el nivel de fósforo entre 2 y 3 ppm y las ceras a menos de 50 ppm. Luego el aceite se somete a la eliminación de la acidez (Figura 6) y la desodorización entre 240 y 250 °C bajo 1 mm de Hg de vacío.

Ventajas del método simultáneo: el aceite retiene más del 80% del oryzanol, los tocoles y los esteroides, la pérdida de aceite neutro es menor que la de los procesos tradicionales (refinación física y química).

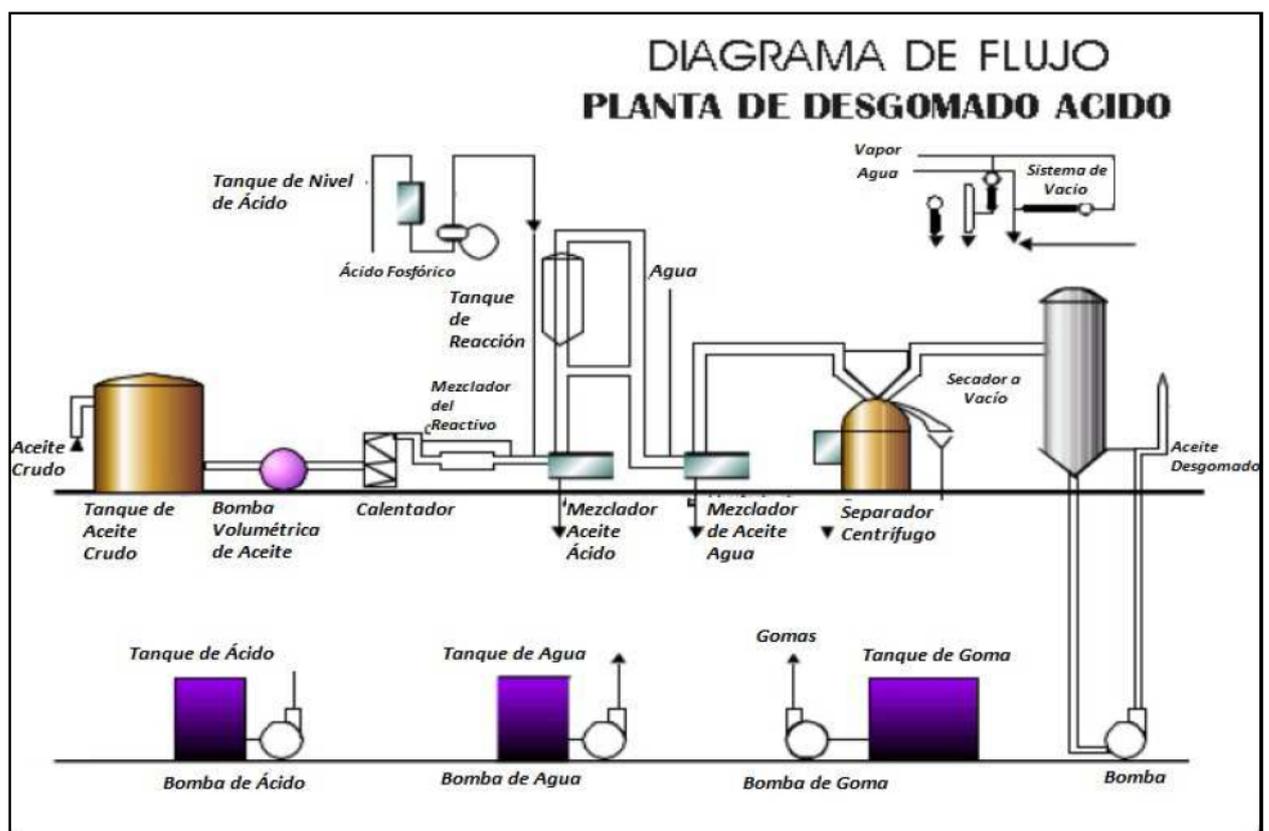


Figura 6. Diagrama de flujo de una planta de desgomado ácido.

PARÁMETROS DE CALIDAD DEL ACEITE DE ARROZ

En la Tabla 1 se muestran valores indicativos de calidad del aceite de arroz, destacándose el Punto de humo, con valores interesantes para el proceso de fritura.

Tabla 1. Parámetros de calidad de aceite de arroz.

ANÁLISIS TÍPICO	
Apariencia a Temperatura ambiente	Claro y Brillante
Color	3,5 max
Ácidos Libres Grasos (% max.)	0,05
Sabor/olor (Suave/Ninguno) min.	7
Peróxido Valor (Meq. max.)	1
A.O.M. Estabilidad (hs, min.)	25
Humedad % max	0,05
Punto de Humo min. (°F)	450
Punto de Flash min. (°F)	620
Punto de Fuego min. (°F)	670
Clorofila (ppb)	75

Fuente: <http://www.californiariceoil.com/healthbenefits.html>

Tabla 2. Cuadro comparativo del Punto de Humo de grasas animales y aceites expresados en °F y °C.

	Calidad	Punto de humo
Aceite de almendras		420 °F 216 °C
Manteca		350 °F 177 °C
Aceite de colza o canola		400 °F 204 °C
Aceite de maíz	Refinado	450 °F 232 °C
Aceite de algodón	Refinado	420 °F 216 °C
Aceite de lino	Sin refinar	225 °F 107 °C
Aceite de uva		420 °F 216 °C
Grasa de cerdo		370 °F 182 °C
Aceite de oliva	Extra virgen	405 °F 207 °C
Aceite de maní	Refinado	450 °F 232 °C
Aceite de arroz		490 °F 254 °C
Aceite de sésamo	Semirefinado	450 °F 232 °C
Aceite de soja	Refinado	450 °F 232 °C
Aceite de girasol alto oleico	Refinado	450 °F 232 °C
Manteca vegetal (vegetable shortening)		360 °F 182 °C
Aceite de pepitas de uva		420 °F 216 °C

Fuente: Material Didáctico de la Cátedra de Calidad y Tecnología de productos derivados de Cereales y Oleaginosas, UNCPBA, 2010.



En la Tabla 2, recopilada de diversas fuentes, aparecen los puntos de humo de diversos tipos de aceite disponibles en nuestro país, donde se observa que el punto de humo del aceite de arroz (resaltado en tabla 2) es el mayor de todos ellos, seguido por el de soja, girasol y maíz (grisados) junto a otros de producción nacional.

EL ACEITE DE ARROZ Y LOS CONSUMIDORES ARGENTINOS

Es ampliamente aceptado que el consumidor argentino tiene alta preferencia por los aceites neutros, livianos, translúcidos y/o ligeramente coloreados, por lo que el de mayor consumo es el de girasol.

En un trabajo realizado por la Cátedra de Tecnología de Calidad de materia prima y productos de Cereales y Oleaginosas, se realizó un ensayo sobre “Valoración de Atributos de Aceites de distinta fuente”(O’Brien, 2004, Orthoeffer, 2005, Salsamendi y Ponzio, 2012), en el que se pusieron a consideración de un panel no entrenado de evaluadores los siguientes aceites vegetales:

Aceite de Girasol Alto Oleico (con fitoesteroles) Alimentos Fundación Favaloro.

Aceite de Canola Krol, prensado en frío.

Aceite de Arroz Saman (origen Uruguay)

Aceite de Soja (con fitoesteroles) Alimentos Fundación Favaloro.

La metodología utilizada (Salsamendi y Ponzio, 2011) fue el Test de Aceptabilidad por atributos (n = 40), utilizando como soporte 5 cubos de papa hervida sin sal por muestra, adicionados con 2 ml de cada tipo de aceite. Como neutralizante se brindaron trozos de manzana, colocándose las bandejas sobre un fondo blanco para facilitar la percepción del color de las muestras de aceite.

Los atributos que se pusieron a consideración de los evaluadores fueron:

Color - Aroma - Sabor y Aceptabilidad Global.

El grupo de evaluadores, no entrenados, estuvo compuesto por alumnos, docentes y no docentes de la Facultad de Agronomía, cubriéndose una franja etárea de entre 19 y 60 años.

En la Figura 7 se puede observar que, además de la menor valoración obtenida por el aceite de canola en todos sus atributos, presumiblemente por falta de hábito, mayor color y densidad que los otros aceites, el aceite de arroz logró calificación similar al de girasol y con los mayores valores.

Los consumidores locales confirmaron la tendencia nacional del consumidor por el aceite de girasol en todos sus atributos.



El aceite de arroz, no disponible en el mercado argentino, podría ser un aceite de sencilla adopción en nuestro país. También podría transformarse en un serio complemento económico para los molinos arroceros.

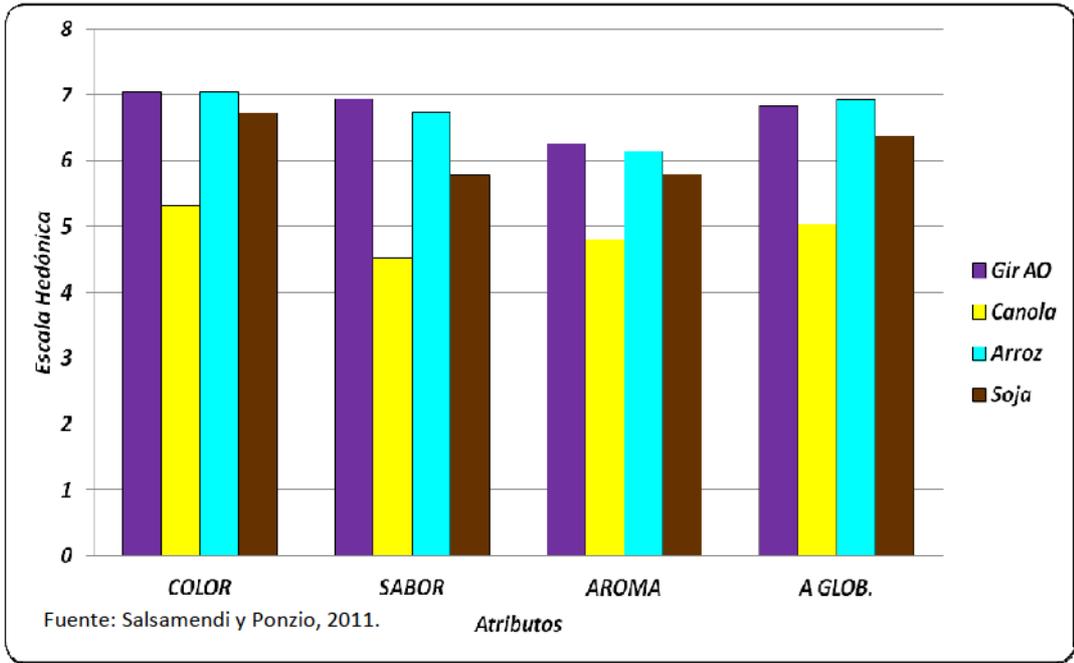


Figura 7. Valoración de los aceites por parte de los consumidores según su origen. (Gir AO: girasol alto oleico). Salsamendi y Ponzio, 2011.

OTROS SUBPRODUCTOS

Un subproducto importante de la refinación del aceite de salvado de arroz es el sedimento que contiene aproximadamente un 70% de aceite residual, 15% de cera, 7% de fosfátidos, y un 8% de ácido fítico. En el proceso integrado, el sedimento se separa en cera de alta pureza (similar a la cera de carnaúba), lecitina y aceite residual, mediante el fraccionamiento por solvente, que hace que el proceso del aceite de salvado de arroz se convierta en una propuesta comercial viable.

Si sólo el 50% del salvado fuera utilizado para la producción de aceite de salvado, el salvado de arroz se convertiría en una fuente importante de aceite comestible. El salvado de arroz y el aceite de salvado de arroz, son potenciales fuentes comerciales para una variedad de fitoquímicos bioactivos que actualmente no se explotan.

Otros productos comerciales que pueden obtenerse del salvado de arroz son: la lecitina, ceras y fitatos.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- O'Brien, Richard D.O. 2004. *Fats and Oils. Formulating and Processing for applications*. 2nd edition, CRC Press, Ch 1, 2 y 3.
- Orthofer, F. T. 2005. Capítulo 10: El aceite de salvado de arroz. *In: Shahidi, F. Petróleo Industrial Bailey y productos grasos*. 2(6 ed.). John Wiley & Sons,
- Pagano, T.; Sergio, M.; Glisenti, L.; Diano, W. y Grompone, M. 2010. Uso de montmorillonitas pilareadas para eliminar clorofila del aceite de salvado de arroz.
- Ronco, A. L. 2009. Usos potenciales del escualeno. De la prevención a la terapéutica. *Tendencias en medicina*.
- Salsamendi, M. y Ponzio, N. 2011. Cómo valoran los consumidores argentinos los distintos tipos de aceites vegetales y su calidad? XIII Congreso CYTAL, AATA.
- Salsamendi, M. y Ponzio, N. 2012. Material didáctico: Aceite de Arroz. Cátedra de Tecnología Específica I: Calidad de materia prima y productos derivados de Cereales y Oleaginosas, LTA, FAA, UNCPBA.



ANEXO I

NORMAS DE CALIDAD PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE GRANOS Y SUBPRODUCTOS

(RESOLUCION SAGyP N° 1075/94)

NORMA II: ARROZ CÁSCARA

1.- Se entiende por arroz cáscara, a los fines de la presente reglamentación, a los granos con sus envolturas (glumelas) que provengan de la especie *Oryza sativa* L.

2.- TIPOS:

El arroz cáscara se clasificará en CUATRO (4) tipos, de acuerdo con las siguientes especificaciones:

2.1. Largo ancho (Doble Carolina): comprende los cultivares cuya relación largo/ancho es mayor a 2:1 y menor a 3:1 y cuya longitud media de los granos descascarados es igual o mayor a SIETE MILIMETROS (7,0mm) (Ejemplo: Fortuna) .

2.2. Largo fino: comprende los cultivares cuya relación largo/ancho es igual o mayor a 3:1 y cuya longitud media de los granos descascarados es igual o mayor a SEIS COMA CINCO MILIMETROS (6,5 mm) (Ejemplo: Blue Bonnet 50) .

2.3. Mediano (Mediano Carolina): comprende los cultivares cuya relación largo/ancho es mayor a 2:1 y menor a 3:1 y cuya longitud media de los granos descascarados es igual o mayor a SEIS MILIMETROS (6mm) y menor a SIETE MILIMETROS (7,0 mm) (Ejemplo: La Plata Itapé) .

2.4. Corto (Japonés): comprende los cultivares cuya relación largo/ancho es igual o menor a 2:1 y cuya longitud media de los granos descascarados es menor a SEIS MILIMETROS (6,0 mm) (Ejemplo: Chajarí P.A.).

3.- BASES DE COMERCIALIZACION:

Las entregas de arroz cáscara quedan sujetas a las siguientes bases de comercialización:

3.1. Rendimiento mínimo en granos enteros:

3.1.1. Tipo largo ancho: CINCUENTA Y CUATRO POR CIENTO (54%)

3.1.2. Tipo largo fino: CINCUENTA Y SEIS POR CIENTO (56%)

3.1.3. Tipo mediano: CINCUENTA Y CUATRO POR CIENTO (54%)

3.1.4. Tipo corto: CINCUENTA Y NUEVE POR CIENTO (59%).

3.2. Rendimiento mínimo de granos enteros y quebrados:

3.2.1. Tipo largo ancho: SESENTA Y OCHO POR CIENTO (68%).

3.2.2. Tipo largo fino: SESENTA Y OCHO POR CIENTO (68%).

3.2.3. Tipo mediano: SESENTA Y OCHO POR CIENTO (68%).

3.2.4. Tipo corto: SETENTA POR CIENTO (70%).

3.3. Materias extrañas: Libre

3.4. Granos panza blanca: Máximo UNO POR CIENTO (1%).

3.5. Granos enyesados o muertos: Máximo CERO COMA VEINTICINCO POR CIENTO (0,25%).



3.6. Granos manchados y/o coloreados: Máximo CERO COMA VEINTICINCO POR CIENTO (0,25%).

4.- TOLERANCIAS DE RECIBO:

Las entregas de arroz cáscara quedan sujetas a las tolerancias de recibo que se establecen a continuación:

4.1. Otros tipos: Máximo DOS POR CIENTO (2%).

4.2. Rendimiento mínimo en granos enteros:

4.2.1. Tipo largo ancho: CUARENTA Y DOS POR CIENTO (42%).

4.2.2. Tipo largo fino: CUARENTA Y DOS POR CIENTO (42%).

4.2.3. Tipo mediano: CUARENTA Y DOS POR CIENTO (42%).

4.2.4. Tipo corto: CUARENTA Y CINCO POR CIENTO (45%).

4.3. Rendimiento mínimo en granos enteros y quebrados:

4.3.1. Tipo largo ancho: SESENTA Y TRES POR CIENTO (63%).

4.3.2. Tipo largo fino: SESENTA Y TRES POR CIENTO (63%).

4.3.3. Tipo mediano: SESENTA Y TRES POR CIENTO (63%).

4.3.4. Tipo corto: SESENTA Y CINCO POR CIENTO (65%).

4.3.5. Granos panza blanca: Máximo CINCO POR CIENTO (5%).

4.3.6. Granos enyesados o muertos: Máximo UNO POR CIENTO (1%).

4.3.7. Granos manchados y/o coloreados: Máximo CERO COMA CINCUENTA POR CIENTO (0,50%).

4.3.8. Granos colorados y/o con estrías rojas: Máximo DOS COMA CINCUENTA POR CIENTO (2,50%).

4.3.9. Materias extrañas: Máximo TRES POR CIENTO (3%).

4.3.10. Humedad: Máximo CATORCE POR CIENTO (14%).

4.3.11. Semillas de bejuco y/o porotillo: Máximo UNA (1) semilla cada CIEN GRAMOS (100 g).

4.3.12. Insectos y/o arácnidos vivos: Libre

4.3.13. Semillas de chamico: DOS (2) cada CIEN GRAMOS (100 g) .

5.- DEFINICIONES Y ESPECIFICACIONES:

5.1. RUBROS DE CALIDAD

5.1.2. Materias extrañas: Es todo material que no sean granos o pedazos de granos de arroz, tales como restos vegetales (incluido cáscara suelta y granos vanos) , semillas de otras especies y materias inertes.

5.1.3. Rendimiento en granos enteros: Es el porcentaje de granos enteros de arroz pulido. Debe considerarse como grano entero aquel que sea igual o mayor a las TRES CUARTAS PARTES ($\frac{3}{4}$) de un grano normal. Entiéndase como grano normal la resultante del promedio de VEITE (20) granos representativos del conjunto.

5.1.4. Rendimiento en granos enteros y quebrados: Es el porcentaje de granos enteros y quebrados pulidos.

5.1.5. Granos colorados y/o con estrías rojas: Entiéndase por tales los granos que, después del proceso de pulido, presenten coloración rojiza o estrías rojas.

- 
- 5.1.6. Granos panza blanca: Son aquellos que presentan una mitad o más del grano con una mancha almidonosa.
- 5.1.7. Granos manchados y/o coloreados: Son aquellos que presentan puntos negros u oscuros en su superficie y/o cualquier color distinto al normal (excluidos los granos colorados y/o con estrías rojas).
- 5.1.8. Granos enyesados y muertos: Son aquellos que presentan toda su superficie opaca.
- 5.2. RUBROS DE CONDICION
- 5.2.1. Semillas de bejuco y/o porotillo: son las semillas pertenecientes a *Ipomoea* sp. y *Convolvulus* sp. respectivamente.
- 5.2.2. Humedad: es el porcentaje de agua contenida en la muestra, expresado en por ciento al décimo.
- 5.2.3. Otro tipo: es todo grano de arroz cáscara perteneciente a un tipo distinto del contratado.
- 5.2.4. Insectos y/o arácnidos vivos: Son aquellos que atacan a los granos almacenados (gorgojos, carcomas, etc.).

6.- MECÁNICA OPERATIVA PARA EL RECIBO DE LA MERCADERÍA:

A fin de evaluar la calidad de la mercadería, de cada entrega se extraerá UNA (1) muestra representativa, de acuerdo al procedimiento establecido en la NORMA XXII (Muestreo en granos) o la que en el futuro la reemplace. Una vez extraída la muestra original, representativa del lote a entregar, se procederá en forma correlativa a efectuar las siguientes determinaciones:

- 6.1. Insectos y/o arácnidos vivos: se determinará por simple apreciación visual mediante el uso de una zaranda apropiada para tal fin. La aparición de un insecto y/o arácnido vivo o más en la muestra será motivo de rechazo de la mercadería.
- 6.2. Humedad: Se determinará de acuerdo a los métodos indicados en la NORMA XXVI.
- 6.3. Semillas de bejuco y/o porotillo: Se determinará sobre una fracción de CIEN GRAMOS (100 g) representativa de la muestra original.
- 6.4. Materias extrañas: Sin perjuicio del análisis que oportunamente deberá realizarse, se determinará por visteo en forma provisoria, a los efectos del recibo si la mercadería se encuentra o no dentro de las tolerancias fijadas. En caso de necesidad de cuantificar, se realizará la determinación sobre una porción de TRESCIENTO GRAMOS (300 g) representativa de la muestra original.

7.- MECÁNICA OPERATIVA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD:

Previa homogeneización de la muestra lacrada, se separará una fracción representativa de CIEN GRAMOS (100 g), sobre la cual se determinarán por separación manual las materias extrañas presentes. Para la determinación de granos enteros y granos enteros y quebrados, se procederá a descascarar y pulir CIEN GRAMOS (100 g) de muestra libre de materias extrañas y con menos del CATORCE POR CIENTO (14%) de humedad por medio de un molino experimental. El grado de elaboración se deberá estandarizar a un grado de pulido fijado por medio del determinador de blancura Kett c 300 o por cualquier otro comparador que de resultados equivalentes,



quedando establecido el valor de 40 +/- 1 para todos los tipos, sobre la base de la utilización de una muestra de granos enteros de arroz, libre de defectos. Se procede luego a separar los granos enteros de los quebrados. Sobre los granos enteros se determinarán los distintos rubros de calidad mencionados en el punto 5. Los resultados se expresarán al centésimo en forma porcentual.

8.- BONIFICACIONES Y REBAJAS:

La compra-venta de arroz cáscara queda sujeta a las siguientes bonificaciones y rebajas:

- 8.1. Rendimiento de granos enteros: Para valores superiores a las bases se bonificará a razón del UNO POR CIENTO (1%) por cada por ciento o fracción proporcional. Para valores inferiores a las bases se rebajará el UNO POR CIENTO (1%) por cada por ciento o fracción proporcional hasta el CUARENTA Y CINCO POR CIENTO (45%) para los tipos largo ancho, largo fino y mediano y hasta el CUARENTA Y OCHO POR CIENTO (48%) para el tipo corto. Desde estos porcentajes en adelante la rebaja será del UNO COMA CINCUENTA POR CIENTO (1,50%) por cada por ciento o fracción proporcional.
- 8.2. Rendimiento de granos enteros y quebrados: para valores superiores a las bases se bonificará a razón del UNO POR CIENTO (1%) por cada por ciento o fracción proporcional. Por un porcentaje menor a dichas bases y hasta el SESENTA Y CINCO POR CIENTO (65%) para los tipos largo ancho, largo fino y mediano y hasta el SESENTA Y SIETE POR CIENTO (67%) para el tipo corto. Desde estos porcentajes en adelante la rebaja será del UNO COMA CINCUENTA POR CIENTO (1,50%) por cada por ciento o fracción proporcional.
- 8.3. Materias extrañas: Hasta la tolerancia de recibo se rebajará a razón del UNO POR CIENTO (1%) por cada por ciento o fracción proporcional. Mercadería recibida que resulte superior a las tolerancias establecidas se rebajará el UNO COMA CINCUENTA POR CIENTO (1,50%) por cada por ciento o fracción proporcional.
- 8.4. Granos colorados y/o con estrías rojas: Hasta la tolerancia de recibo se descontará el DOS POR CIENTO (2%) por cada por ciento o fracción proporcional.
- 8.5. Granos panza blanca: Para valores superiores a la base y hasta la tolerancia de recibo se descontará el UNO POR CIENTO (1%) por cada por ciento o fracción proporcional.
- 8.6. Granos enyesados o muertos: Para valores superiores a la base y hasta la tolerancia de recibo se descontará el UNO POR CIENTO (1%) por cada por ciento o fracción proporcional. Para valores superiores a la tolerancia de recibo y hasta el DOS POR CIENTO (2%) se rebajará el UNO COMA CINCUENTA POR CIENTO (1,50%) por cada por ciento o fracción proporcional.
- 8.7. Granos manchados y/o coloreados: Para valores superiores a la base y hasta la tolerancia de recibo se descontará el UNO POR CIENTO (1%) por cada por ciento o fracción proporcional.

- 
- 8.8. Humedad: Cuando la mercadería excede la tolerancia de humedad del CATORCE (14%) se descontarán los gastos de secada y merma de acuerdo a las tablas establecidas por el SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA (SENASA).
- 8.9. Semillas de bejuco y/o porotillo: se descontará el CERO COMA CINCUENTA POR CIENTO (0,50%) por cada semilla que exceda las tolerancias de recibo.

NORMA DE CALIDAD PARA LA COMERCIALIZACION DE ARROZ CÁSCARA

Se entiende por arroz cáscara a los granos con sus envolturas (glumelas) que provengan de la especie *Oryza sativa* L.

TIPOS: El arroz cáscara se clasificará en cuatro tipos, de acuerdo con las siguientes especificaciones:

LARGO ANCHO (Doble Carolina): Comprende los siguientes cultivares cuya relación largo/ancho es mayor a 2:1 y menor a 3:1 y cuya longitud media de los granos descascarados es igual o mayor a 7 mm (ej. Fortuna).

LARGO FINO: Comprende los cultivares cuya relación largo/ancho es igual o mayor a 3:1 y cuya longitud media de los granos descascarados es igual o mayor a 6,5 mm (ej. Blue Bonnet 50).

MEDIANO (Mediano Carolina): Comprende los cultivares cuya relación largo/ancho es mayor a 2:1 y menor a 3:1 y cuya longitud media de los granos descascarados es igual o mayor a 6,0 mm y menor a 7,0 mm (ej. La Plata Itapé).

CORTO (Japonés): Comprende los cultivares cuya relación largo/ancho es igual o menor a 2:1 y cuya longitud media de los granos descascarados es menor a 6,0 mm (ej. Chajarí P.A.) .

RENDIMIENTO MÍNIMO DE GRANOS ENTEROS					
TIPOS	BASES % DE RECIBO %	TOLERANCIAS	BONIFICACIONES (por C/% o fracción proporcional)	REBAJAS (Por C/% o fracción proporcional)	
LARGO ANCHO	54	42	Para valores superiores a la base a razón de 1% por cada por ciento o fracción proporcional.	Para valores inferiores a la base a razón de 1% por cada por ciento o fracción proporcional hasta 45 %.	Para valores inferiores a 45 % a razón de 1,50 % por cada por ciento o fracción proporcional.
LARGO FINO	56	42	Para valores superiores a la base a razón de 1% por cada por ciento o fracción proporcional.	Para valores inferiores a la base a razón de 1% por cada por ciento o fracción proporcional hasta 45%.	Para valores inferiores a 45 % a razón de 1,50% por cada por ciento o fracción proporcional.
MEDIANO	54	42	Para valores superiores a la base a razón de 1% por cada por ciento o fracción proporcional.	Para valores inferiores a la base a razón de 1 % por cada por ciento o fracción proporcional hasta 45 %.	Para valores inferiores a 45 % a razón de 1,50% por cada por ciento o fracción proporcional.
CORTO	59	45	Para valores superiores a la base a razón de 1% por cada por ciento o fracción proporcional.	Para valores inferiores a la base a razón de 1 % por cada por ciento o fracción proporcional hasta 48 %.	Para valores inferiores a 48% a razón de 1,50% por cada por ciento o fracción proporcional.

LIBRE DE INSECTOS Y / O ARÁCNIDOS VIVOS

TABLA DE MERMA POR SECADO

HUMEDAD %	MERMA %	HUMEDAD %	MERMA %	HUMEDAD %	MERMA %
14,1	0,69	17,8	4,97	21,5	9,25
14,2	0,81	17,9	5,09	21,6	9,36
14,3	0,92	18	5,2	21,7	9,48
14,4	1,04	18,01	5,32	21,8	9,6
14,5	1,16	18,02	5,43	21,9	9,71
14,6	1,27	18,03	5,55	22	9,83
14,7	1,39	18,4	5,66	22,1	9,94
14,8	1,5	18,5	5,78	22,2	10,06
14,9	1,62	18,6	5,9	22,3	10,17
15	1,73	18,7	6,01	22,4	10,29
15,1	1,85	18,8	6,13	22,5	10,4
15,2	1,97	18,9	6,24	22,6	10,52
15,3	2,08	19	6,36	22,7	10,64
15,4	2,2	19,1	6,47	22,8	10,75
15,5	2,31	19,2	6,59	22,9	10,87
15,6	2,43	19,3	6,71	23	10,98
15,7	2,54	19,4	6,82	23,1	11,1
15,8	2,66	19,5	6,94	23,2	11,21
15,9	2,77	19,6	7,05	23,3	11,33
16	2,89	19,7	7,17	23,4	11,45
16,1	3,01	19,8	7,28	23,5	11,56
16,2	3,12	19,9	7,4	23,6	11,68
16,3	3,24	20	7,51	23,7	11,79
16,4	3,35	20,1	7,63	23,8	11,91
16,5	3,47	20,2	7,75	23,9	12,02
16,6	3,58	20,3	7,86	24	12,14
16,7	3,7	20,4	7,98	24,1	12,25
16,8	3,82	20,5	8,09	24,2	12,37
16,9	3,93	20,6	8,21	24,3	12,49
17	4,05	20,7	8,32	24,4	12,6
17,1	4,16	20,8	8,44	24,5	12,72
17,2	4,28	20,9	8,55	24,6	12,83
17,3	4,39	21	8,67	24,7	12,95
17,4	4,51	21,1	8,79	24,8	13,06
17,5	4,62	21,2	8,9	24,9	13,18
17,6	4,74	21,3	9,02	25	13,29
17,7	4,86	21,4	9,13		

MERMA POR MANIPULEO: ADICIONAR 0,125%