

# La calidad de molienda del arroz y el rendimiento en granos enteros

El cultivo es fundamental para obtener los arroces que en la actualidad demanda la industria

*El objetivo de la industria es transformar arroz cáscara en un arroz blanco, que es la forma en que habitualmente encontramos este producto en los mercados. Durante esta transformación los granos son sometidos a fuerzas de gran magnitud que pueden provocar la rotura de todos aquellos que son estructuralmente más débiles. Por esto es fundamental mejorar los factores que influyen en este tema, desde el cultivo a la elaboración.*

● J.L. León y Ramón Carreres.  
Departamento del Arroz (IVIA).

**A** grandes rasgos, el proceso de molienda consiste en desproveer al grano de la cascarilla que lo envuelve, y eliminar el embrión (germen) y las capas superficiales de salvado forzando el rozamiento del grano contra una superficie abrasiva. El objetivo es transformar el arroz cáscara en un arroz blanco (elaborado) que es la forma habitualmente utilizada para su consumo. Durante esta transformación, el arroz es sometido a fuerzas de gran magnitud que pueden provocar la rotura de aquellos granos que son estructuralmente más débiles.

El primer objetivo de la industria elaboradora es obtener un arroz lo suficientemente blanqueado para que sea aceptado por el mercado, con la mínima incidencia posible de roturas durante este proceso, o lo que es lo mismo, maximizar el porcentaje de granos enteros en el arroz resultante.

Este objetivo tiene un marcado carácter económico, ya que el valor comercial de los granos enteros puede llegar a triplicar al de los granos rotos. Es por ello, que el rendimiento en granos enteros obtenido en el proceso de elaboración es el parámetro más importante para valorar la calidad de molienda de un lote de arroz cáscara. Como entero se entiende todo aquel grano elaborado cuya longitud es mayor de las 3/4 partes de la longitud media de un grano elaborado completo.

Ya que la molienda es un proceso en el que se aplica una carga mecánica sobre el grano, es razonable pensar que la calidad de molienda estará directamente relacionada con las propiedades físicas de la variedad. De hecho, tradicionalmente se atribuye un mejor o peor comportamiento durante la elaboración a factores como la longitud del grano o la presencia de perla en el endospermo.

Sin embargo, asociar unos determinados resultados en el molino con un tipo de grano en concreto, basándose únicamente en las características físicas de éste, parece bastante arriesgado, pues son muchos otros los factores externos, controlables y no controlables, que pueden incidir directamente sobre el estado en el que el arroz se "enfrenta" a su elaboración. El conocimiento de estos factores va a ser el fundamento de este artículo.

## Factores que condicionan el rendimiento en granos enteros

Tres grandes grupos de factores pueden ser separados tomando como base un momento concreto del cultivo como es la recolección del grano: pre-recolección, en la recolección y post-recolección. Además, existe otro que recoge las condiciones que sufre el grano durante su molienda y que vamos a denominar como factores en la elaboración. Una breve exposición de éstos, y su efecto sobre el comportamiento del arroz en el molino, se recoge en los siguientes apartados.

### Factores pre-recolección

#### Características varietales

En el caso de un producto agrícola como el arroz, el control de calidad debe comenzar con la selección de las variedades a cultivar. La elección de la variedad adecuada, y un manejo cuidadoso, asegurarán una buena calidad del producto final. Para ello, es necesario conocer las características de las variedades en aquellas propiedades físicas que, a lo largo de la bibliografía, parecen relacionarse con la



La humedad del grano en el momento de la recolección es un factor a tener en cuenta.



Equipo de refrigeración en secadero de maíz.

calidad de molienda de un arroz, en concreto:

- Tamaño y topografía del grano: generalmente se atribuye la producción de un menor rendimiento en enteros a los granos clasificados comercialmente como largos B (longitud del grano elaborado > 6.0 mm; relación longitud/anchura  $\geq 3.0$  mm). También las variedades con forma arriñonada o con surcos laterales profundos, que requieren para su total blanqueado una elaboración más profunda, favorecen las roturas en el molino.

- Perlado: como perla se conoce a las zonas opacas del grano que pierden su cristalinidad por un mal empaquetamiento de los componentes celulares. Esta pérdida de empaquetamiento contribuye a un aumento de las roturas durante la elaboración, ya que se ha demostrado que las zonas perladas del grano son estructuralmente más débiles.

#### Prácticas de cultivo

La dosis y tipo de abonado nitrogenado, así como el momento de su aplicación, muestra cierto efecto sobre el rendimiento en enteros obtenido. Sin embargo, el sentido de este efecto es variable según autores. Parece ser que las repercusiones del abonado nitrogenado en los rendimientos de molinería son generalmente indirectas.

Una fertilización excesiva puede aumentar la tasa de ahijado de la planta, y por ende, la proporción de granos inmaduros en la recolección. Este tipo de grano presenta menor resistencia estructural, lo que incrementa su tendencia a la rotura.

Otras prácticas de cultivo que pueden influir sobre el rendimiento en enteros obtenido son la dosis de siembra y el momento en el que se procede a la retirada del agua de la parcela. Se ha observado que una menor cantidad de semilla puede incrementar las roturas en el molino porque con estas condiciones también se favorece el ahijado de la planta, al presentar menor competencia de las plantas de su entorno, lo que reduce la uniformidad en la madurez del arroz recolectado.

La retirada del agua en el campo es otro factor importante porque condiciona el estado de madurez que presenta el arroz en el momento de la siega. Si el agua es retirada antes de tiempo se puede acelerar la maduración del grano, mientras que si se drena demasiado tarde, el suelo puede no estar lo suficientemente seco para recibir a la maquinaria de recolección cuando el grano está en unas condiciones óptimas para ser recolectado.

La elección de la fecha de retirada del agua no es siempre asumible. Una organización por partidas, sin control individual de las parcelas, como ocurre en el arrozal valenciano, imposibilita cualquier decisión sobre esta práctica de cultivo.

Feria Nacional del Vino

FENAVIN

10 al 14 de Mayo, 2001  
PABELLÓN FERIAL DE CIUDAD REAL

300 bodegas  
de toda España

Centro de Negocio  
con presencia "in situ"  
de importadores,  
distribuidores  
y grandes superficies  
nacionales y europeas



ORGANIZA  
Diputación Provincial de Ciudad Real

PATROCINAN  
Diputación Provincial de Ciudad Real  
Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha  
Caja Castilla La Mancha  
Caja Rural de Ciudad Real

Diputación Provincial de Ciudad Real,  
C./ Toledo, nº 17. - 13071 CIUDAD REAL, ESPAÑA

Tel: 926 254060 - 926 292575 Fax: 926 232 101.  
e-mail: secretaria@fenavin.org - URL: www.fenavin.org

**Factores en la recolección**

Humedad de recolección.

El valor de humedad que presenta el arroz en el momento de proceder a la siega se conoce como humedad de recolección. Este valor se muestra como un factor crítico para el rendimiento en enteros obtenido, ya que para conseguir una elevada calidad de molienda, el arroz debe ser recolectado en un estado de madurez apropiado.

**Humedad de recolección óptima**

La **figura 1** ilustra el comportamiento del rendimiento en enteros con la humedad de recolección en un estudio realizado para tres variedades del arrozal español: Leda, Senia y Thaibonnet. La relación que une a ambos parámetros (comportamiento cuadrático) presenta tres zonas más o menos diferenciadas en las curvas:

1.- A humedades de recolección elevadas se observan descensos del rendimiento en enteros que se atribuyen al mayor número de granos inmaduros presentes en las muestras de estos contenidos en humedad.

2.- En la zona intermedia de la curva se alcanza el rendimiento en enteros máximo. Al valor de humedad que lo produce se le denomina humedad de recolección óptima.

3.- La zona de humedades de recolección bajas producen una caída más o menos evidente del rendimiento en enteros,

que, en este caso, se asocia con el deterioro del grano por procesos de intercambio hídrico con el ambiente que lo rodea.

Desde un punto de vista práctico, las zonas más interesantes de la curva son la segunda y tercera, ya que humedades de recolección muy elevadas no son habituales en un periodo de recolección normal.

En nuestro estudio, los valores de humedad de recolección óptima fueron del 22.0 % para Leda, del 23.0 % para Senia y del 22.6 % para Thaibonnet. Estos valores son similares a los obtenidos para otros cultivares en trabajos de igual naturaleza.

Existe un aspecto interesante a discutir respecto al sentido que el término óptimo puede tener según el colectivo implicado. Para la industria, que busca el máximo beneficio económico, la humedad de recolección óptima será aquella que produzca el máximo rendimiento en enteros.

Sin embargo, no siempre los intereses de industria y agricultor son confluyentes, y en aquellos lugares, como es el caso, donde no se prima un arroz con una buena calidad de molienda, y sí se carga al agricultor con los gastos adicionales de secado, la humedad de recolección más adecuada para este último será aquella que suponga los menores gastos de secado, con una calidad en el molino que no le acarree penalizaciones.

El deterioro del arroz en el rango de humedades de recolección más bajas comienza de forma más evidente a humedades por debajo del 20 % (este valor es el que se fija de forma tradicional como límite inferior para proceder a la recolección con vista a obtener una elevada calidad de molienda). La razón es que por debajo de esta humedad, el número de granos con un contenido en humedad que los hace susceptibles

de sufrir deterioro es cada vez mayor.

El mecanismo responsable del aumento de roturas parece ser el fisurado del grano por procesos de intercambio de humedad con el ambiente que lo rodea. A este respecto, juegan un papel muy importante las condiciones meteorológicas que acontecen durante la maduración del grano y, en concreto, la presencia de vientos cálidos (de Poniente en nuestra zona) en los estados más avanzados de madurez de la cosecha (cuando los granos presentan mayoritariamente un contenido en humedad bajo).

La bajada de humedad relativa que provoca este tipo de viento hace que hasta los granos más secos pierdan agua para equilibrar su contenido con el del ambiente. Cuando cesa el viento, o llega la noche, y la humedad relativa aumenta, se invierte el proceso y el grano absorbe humedad. Esta alternancia secado-rehumidificación promueve el fisurado del grano de forma tanto más importante cuanto menor es su contenido en humedad inicial. El grano con fisuras es más débil ante el proceso de molienda.

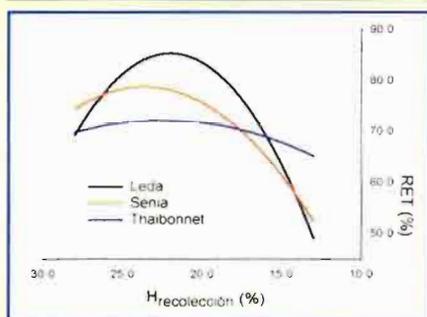
En nuestro estudio, se han detectado diferencias en la tolerancia varietal al desarrollo de fisuras, presentando Thaibonnet la resistencia más alta. Este resultado justificaría, para este cultivar, el mejor mantenimiento del nivel de enteros en las humedades más bajas del rango (ver **figura 1**), y permitiría cierto retraso en su recolección frente al resto de variedades evaluadas.

De todo lo comentado hasta el momento, se deduce que la humedad de recolección depende de factores como: la variedad, las condiciones meteorológicas o las condiciones de cultivo, y también de aspectos técnicos como: la superficie a ser recolectada, la capacidad del equipo de recolección y los requerimientos de energía para el secado. Todos ellos deben ser tomados en consideración a la hora de elegir el momento adecuado para proceder a la siega.

Si tras la recolección, el arroz debe ser secado a una humedad de seguridad en torno al 14 %, para evitar su deterioro durante el almacenamiento y para favorecer la eliminación del salvado durante el proceso de elaboración, podríamos cuestionarnos la importancia real de la humedad que presenta el arroz en el momento de la siega.

Sin embargo, la respuesta a esta cuestión es muy clara, la humedad de recolección nos da una estimación del tiempo de permanencia del arroz en el campo. Cuanto menor sea el contenido en humedad de recolección, mayor será el periodo en el que el grano ha podido estar expuesto a todos aquellos procesos que promueven su deterioro. No es lo mismo que el secado del arroz hasta su humedad de seguridad se produzca de una forma progresiva y controlada, que lo haga alternando secado e hidratación en un ambiente muy variable.

**Figura 1. Evolución del rendimiento en enteros (RET) con la humedad de recolección (H recolección)**



Es recomendable hacer el secado en varias fases.



Hydro Agri Specialities  
**Desarrollando Tu Potencial**

# La ciencia en tus manos

Trabajar en condiciones óptimas se ha convertido en parte de la rutina diaria para los agricultores que siguen confiando en nuestros Productos Especiales.

Los científicos y técnicos de Hydro Agri Especialidades siguen ofreciéndote todo el conocimiento adquirido durante más de noventa años.  
La huella marca la diferencia en nutrición vegetal.

Nuestro máximo objetivo es que la ciencia esté a tu alcance,  
*que la ciencia esté en tus manos.*



Thaibonnet es una variedad clasificada como largo B, mientras que Leda y Senia pertenecen al grupo de grano medio. De ellas, sólo Senia presenta, de forma mayoritaria, perla en su grano. La relación entre el rendimiento en enteros y la humedad de recolección para estas variedades (ver figura 1) demuestra que las tendencias que se atribuyen de forma tradicional al comportamiento del grano en base a su longitud y perlado, no son generalizables a todo el intervalo de humedades de recolección.

Un ejemplo, Thaibonnet presenta, en gran parte de este intervalo, rendimientos en enteros inferiores a los de Leda y Senia, sin embargo, cuando el valor de humedad desciende por debajo del 17 %, los niveles de enteros de este cultivar son claramente superiores, lo que se opone a la tendencia comentada para las variedades de grano largo.

De igual forma, la comparación entre variedades sólo será válida cuando las condiciones de recolección hayan sido homogéneas. Si comparamos el valor de enteros de una muestra de Senia recolectada al 20 %, con los de una de Leda recogida a una humedad del 17 %, los valores de la primera serían superiores, contradiciendo la tendencia general a considerar las variedades perladas como productoras de mayores roturas en el molino.

#### Tipo de recolección

El uso de recolección mecánica incrementa el porcentaje de roturas durante la elaboración. Entre los distintos parámetros que intervienen, el más importante parece ser la velocidad empleada en el cilindro de trilla de la cosechadora. La utilización de una velocidad de cilindro más alta provoca un descenso significativo del rendimiento en enteros. Por ello, algunos autores recomiendan usar la menor velocidad de cilindro posible, sobre todo, a humedades de recolección inferiores al 22% (cuando el grano presenta mayor deterioro).

De nuevo la teoría puede enfrentarse a la práctica, ya que existen aspectos técnicos que condicionan la velocidad de cilindro a utilizar. Unas condiciones meteorológicas adversas o la dependencia de equipos de siega externos y, generalmente, sobresaturados de trabajo, aceleran la velocidad de siega.

Por otro lado, la eficiencia de trillado es menor a velocidades de cilindro bajas, lo que redundará en una mayor pérdida de grano unido a la paja. Es por ello, que deben tenerse en cuenta todos estos aspectos a la hora de optimizar el binomio rendimiento en enteros-eficiencia del proceso de recolección.

### Importancia del proceso de elaboración

#### Factores post-recolección

Este grupo incluye a todos aquellos factores que afectan al rendimiento en enteros desde que el arroz es recolectado hasta que se incorpora al proceso de elaboración.

El secado del arroz es el primer paso a realizar tras la recolección para prevenir el deterioro del grano. El proceso de secado se ve muy afectado por factores como: el tipo de secado, las condiciones utilizadas para ello, la velocidad de secado, el contenido en humedad inicial del grano, el tiempo de exposición y el tipo de secador. En general, para una mejor calidad de molienda, se recomiendan temperaturas de secado suaves (40-50 °C), con velocidades lentas que no generen gradientes de humedad muy grandes en el interior del grano (lo que puede favorecer su fisurado).

Por la misma razón, también se prefiere el secado en varios pasos con atemperados intermedios. De igual forma, se recomienda el uso de secadores del tipo "mezcla" que permiten una mayor ho-

mogeneidad en el contenido en humedad tras el secado de los granos individuales, eliminándose de este modo la posible migración de humedad de unos granos a otros, lo que podría también promover su fisurado.

Si tras el secado, el arroz no es inmediatamente elaborado, debe ser almacenado en unas condiciones que eviten la mezcla de granos con diferente contenido en humedad y que prevengan la formación de bolsas de humedad en el interior de la masa de arroz. En el último caso, la utilización de sistemas de ventilación y refrigeración ayudan a conseguirlo.

Como se observa, en todos los casos es la formación de fisuras en el grano el factor más determinante para su posterior comportamiento en el molino. En cualquier momento del proceso de manipulación del arroz en el que nos encontremos, hay que evitar aquellas condiciones que favorezcan la absorción de agua por el grano, ya que éste es muy higroscópico y ganará humedad siempre que se de un ambiente que lo favorezca.

En los últimos años, el arroz "sancochado" va ganando terreno en el mercado. Se ha demostrado que este proceso aumenta la calidad de molienda del arroz porque reduce la incidencia del fisurado sobre el rendimiento en enteros obtenido. Por ello, el "sancochado" es un medio excelente para salvar el arroz con un excesivo deterioro por manejo indebido.

#### Factores en la elaboración

Son varios los factores en la elaboración que pueden influir sobre el rendimiento en enteros obtenido. La presencia de granos defectuosos en el arroz cáscara, el grado de elaboración empleado, el contenido en humedad del arroz en la molienda, la temperatura y humedad relativa del molino y el tipo y ajuste de la maquinaria, son algunos de ellos.

Desde un punto de vista técnico, el factor más importante es el grado de elaboración utilizado. Éste puede definirse como el peso de salvado eliminado en el arroz cargo que entra en el molino. El grado de elaboración es un punto clave en el proceso de molienda, ya que los diferentes niveles de eliminación de salvado producen diferente estrés en el grano. Se ha observado que cuando el grado de elaboración aumenta, el rendimiento total y en enteros disminuye.

El grado de elaboración se puede ajustar cambiando el tiempo de estancia del arroz en el molino o los ajustes de la maquinaria. Cualquier cambio en las condiciones de elaboración que aumente la cantidad de salvado eliminado, también incrementan el nivel de roturas.

Dos son los aspectos prácticos que se pueden extraer de lo comentado para el grado de elaboración:

- La industria debería utilizar el grado de elaboración mínimo que permitiera obtener un arroz lo suficientemente blanqueado para ser aceptado por el mercado.

- Para la comparación de la calidad de molienda entre dos muestras, el grado de elaboración utilizado debe ser similar.

La medida del grado de elaboración está poco estandarizada. En los últimos años se están utilizando equipos que evalúan la blancura del grano resultante. Esta metodología debe tener en consideración que las características de la variedad (tamaño + perlado) pueden afectar a los valores de esta propiedad óptica, por lo que el valor de referencia debe ser ajustado de forma individual para cada cultivar. ■

#### BIBLIOGRAFÍA

Existe una relación de autores en nuestra redacción a disposición de los lectores.