



XIII Conferencia Internacional
de Arroz para América Latina
y el Caribe

Lati
tud



FUNDACIÓN LATU

Mejora y optimización de procesos poscosecha de arroz

Ingeniera Alimentaria, Alejandra Billiris, PhD

XIII Conferencia internacional de Arroz para América Latina y El Caribe

“Alianzas para la sostenibilidad de la producción arrocerá”

15 - 18 de mayo, Piura, Perú

- Organización flexible enfocada al desarrollo de proyectos de I+D+i, que logre adaptarse a las necesidades de la Industria y las del país con el respaldo del Laboratorio Tecnológico del Uruguay.
- Objetivos:
 - 1 – Generar productos/procesos o servicios que promuevan el aumento de las exportaciones
 - 2 – Mejorar la competitividad de las empresas
 - 3 – Aumentar la sostenibilidad de las cadenas productivas
 - 4 – Sustituir importaciones
 - 5 – Agregar valor a la producción nacional



ALIMENTOS

BIOCOMBUSTIBLES

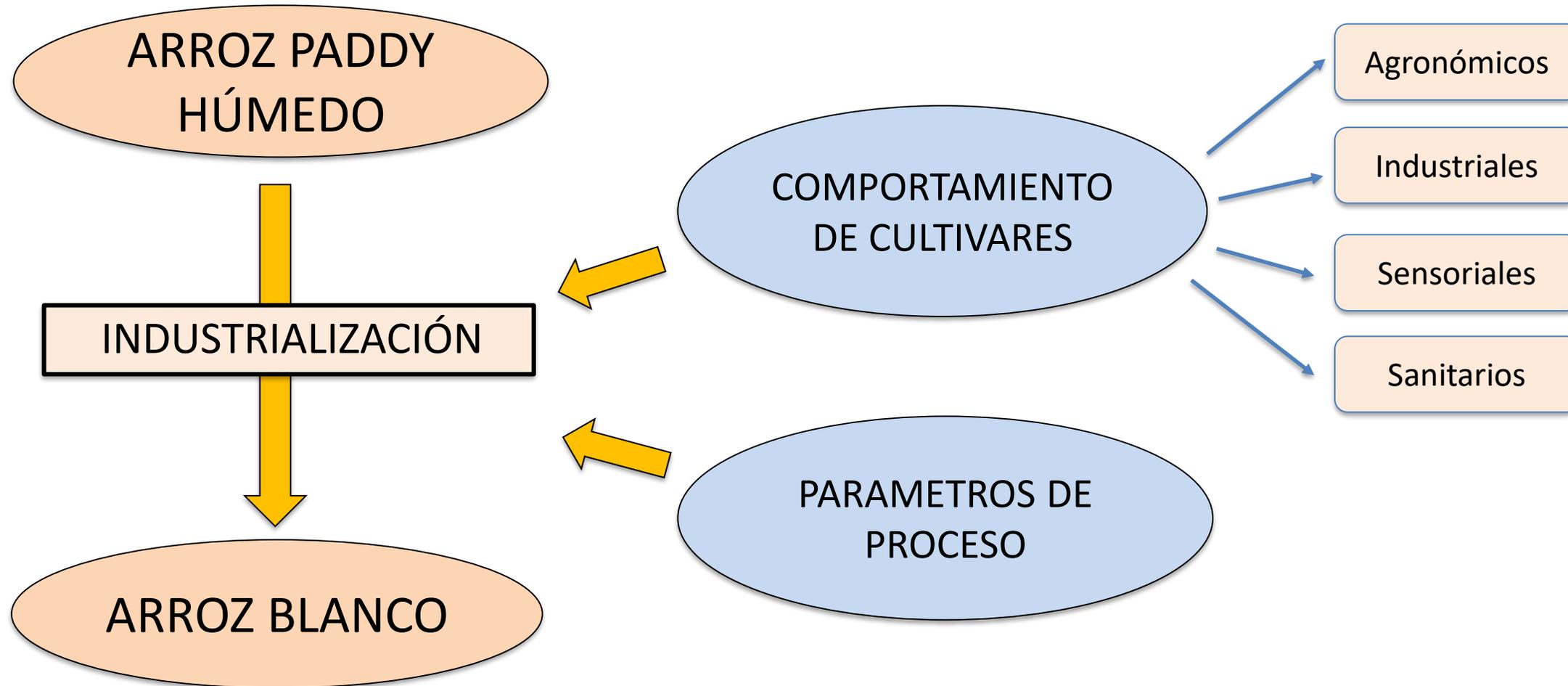
MEDIO AMBIENTE

FORESTALES

La Fundación cuenta con dos plantas piloto de 500 m² y laboratorios ocupando 300 m² en el área técnica del edificio central del LATU



- Mejora y optimización de los procesos poscosecha
- Mejora de procesos poscosecha
 - Evaluación del comportamiento de cultivares
- Optimización de procesos poscosecha
 - Ajuste de parámetros de proceso (Secado, Almacenamiento y Elaboración)
 - Secado
 - Mecanismo de formación de fisuras
 - Ejemplos
- Conclusiones



EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE CULTIVARES

Conocer el potencial
de cultivares
comerciales y
promisorios

Contribuir en la selección de
cultivares de alto rendimiento
y calidad superior

PROCESO ESTANDARIZADO DE EVALUACIÓN DE CULTIVARES

CULTIVO



COSECHA



SECADO



LIMPIEZA



DESCASCARADO



PULIDO



CLASIFICACIÓN

Estación experimental
INIA Treinta y Tres

PLANTA PILOTO
Latitud - LATU



SECADO



TEMPERATURA = 25°C, HUMEDAD RELATIVA = 65%

DESCASCARADO



**Arroz cáscara
(paddy)**

COMPARACIÓN DE
LA SUSCEPTIBILIDAD
AL QUIEBRE ENTRE
CULTIVARES

DESCASCARADO

Cáscara



**Arroz integral
(arroz cargo)**

COMPORTAMIENTO EN DESCASCARADO



**Arroz cáscara
(paddy)**

$$\text{Rendimiento descascarado} = \frac{\text{masa de arroz integral (arroz cargo)}}{\text{masa de arroz cáscara (paddy)}}$$

DESCASCARADO

Cáscara



← Varietal

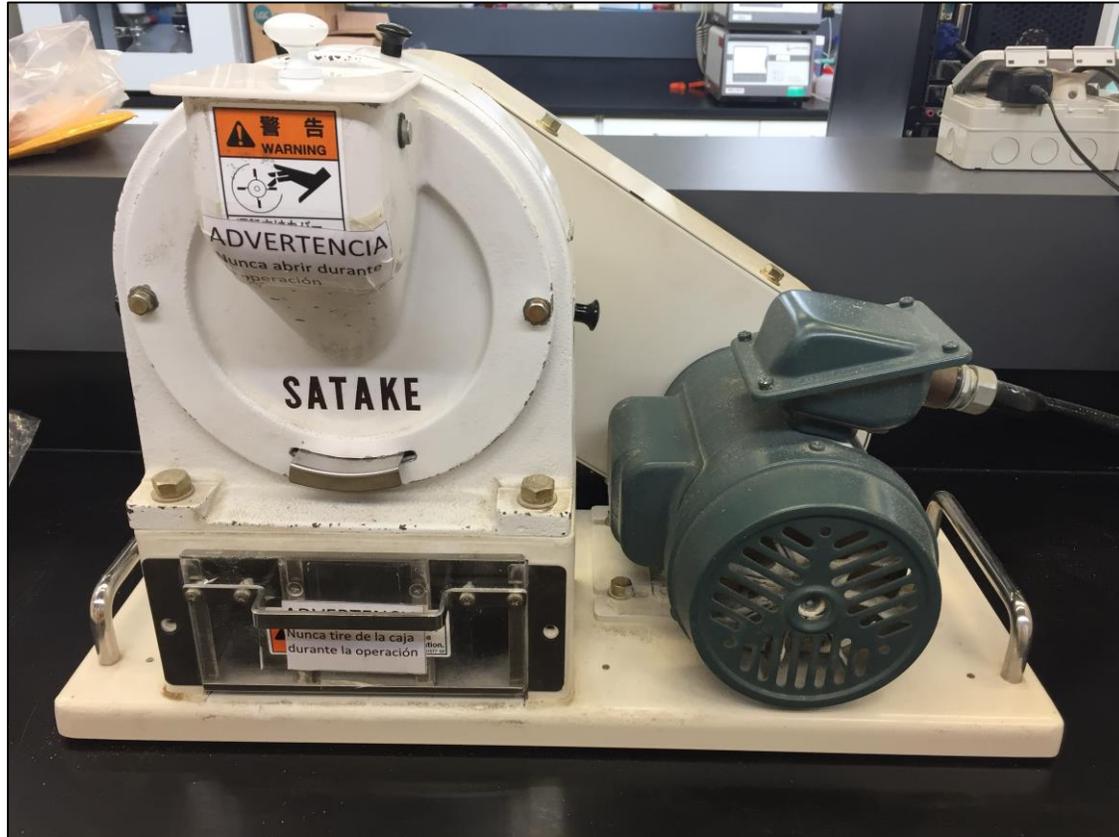


**Arroz integral
(arroz cargo)**

ENTERO CARGO

QUEBRADO CARGO

PULIDO



$$\text{Rendimiento pulido} = \frac{\text{masa de arroz blanco (blanco total)}}{\text{masa de arroz cáscara (paddy)}}$$



Arroz integral
(carga)

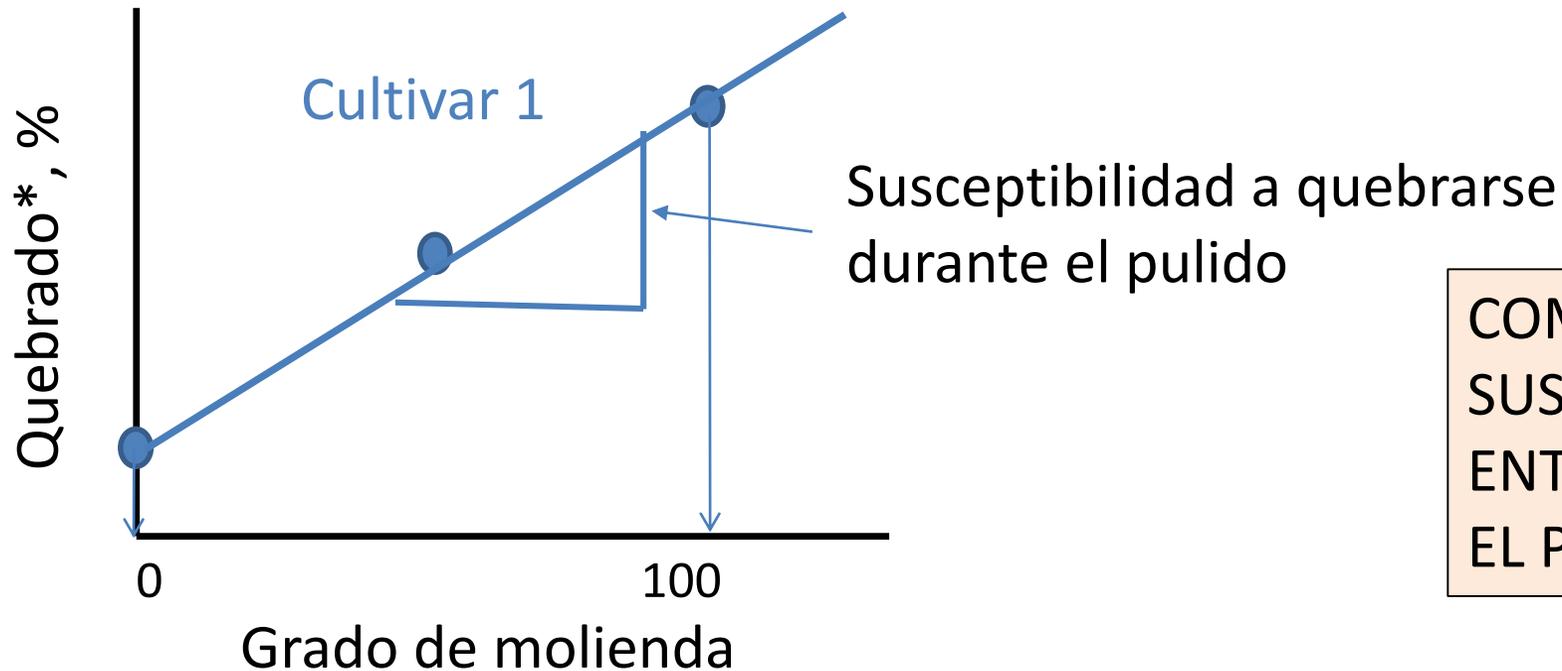


DESCASCARADO

Salvado
(afrechillo)



Arroz blanco
(blanco total)



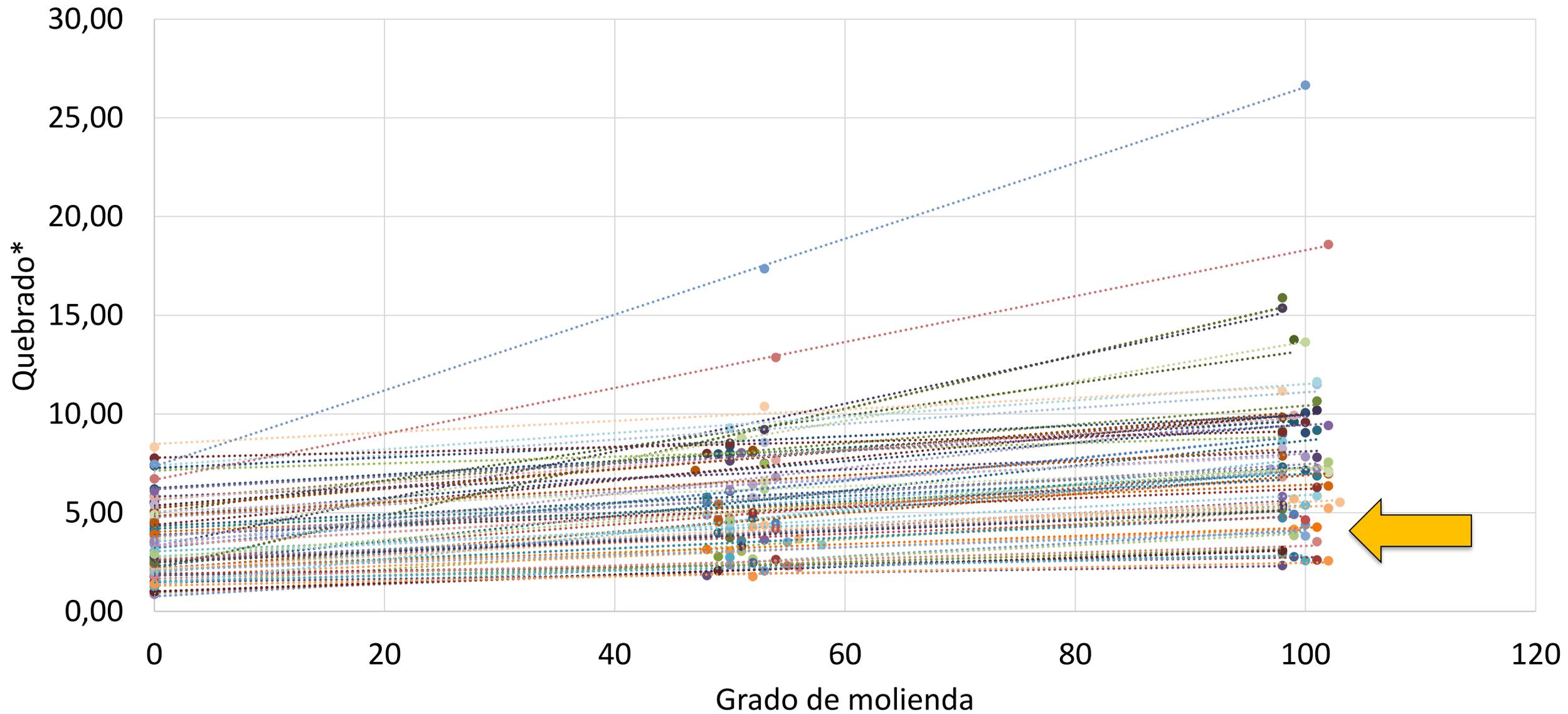
COMPARACIÓN DE LA
SUSCEPTIBILIDAD AL QUIEBRE
ENTRE CULTIVARES DURANTE
EL PULIDO

Quebrado* = Proporción de masa de quebrado en la masa de arroz blanco

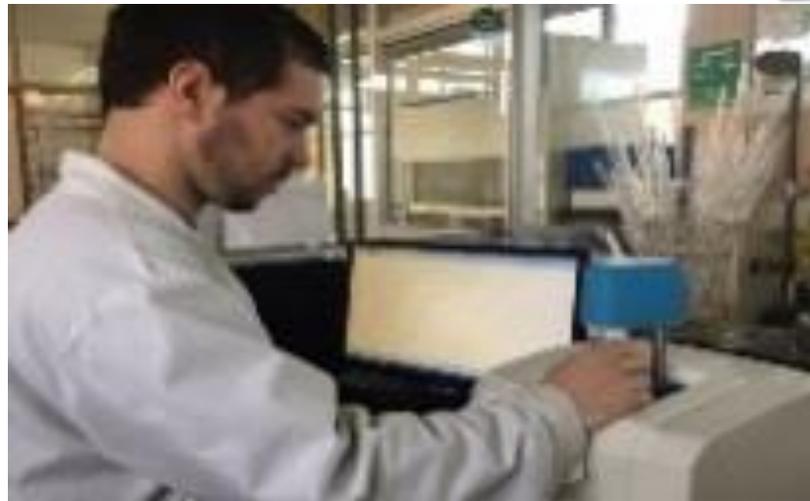
$$\text{Quebrado}^* = \frac{(\text{Quebrado (g quebrado/100 g cáscara)} * 100)}{(\text{Blanco (g blanco/100 g cáscara)})}$$

Pendiente= Proporción de quebrado en la masa de blanco que se genera con el aumento de un punto en el grado de molienda.

EJEMPLO DE PERFILES MOLINEROS



PROPIEDADES CULINARIAS Y SENSORIALES



- Entrenamiento para la formación de panel de jueces en arroz en la Universidad de Arkansas
- Formación del panel de jueces en LATU

OLOR

Almidón
Lácteo
Cartón
Cereal
Tierra húmeda
Sulfuro
Rancio
Tostado
Dulce
Salvado
Humo

APARIENCIA

Grado de blancura
Brillo
Pegajosidad
Apariencia superficial
(rugosidad)
Integridad de grano
Largo de grano
Ancho de grano
Presencia de estrías
Presencia de embrión

FLAVOR

Almidón
Lácteo
Cartón
Cereal
Tierra húmeda
Sulfuro
Rancio
Tostado
Dulce
Salado
Ácido
Amargo
Astringente
Metálico

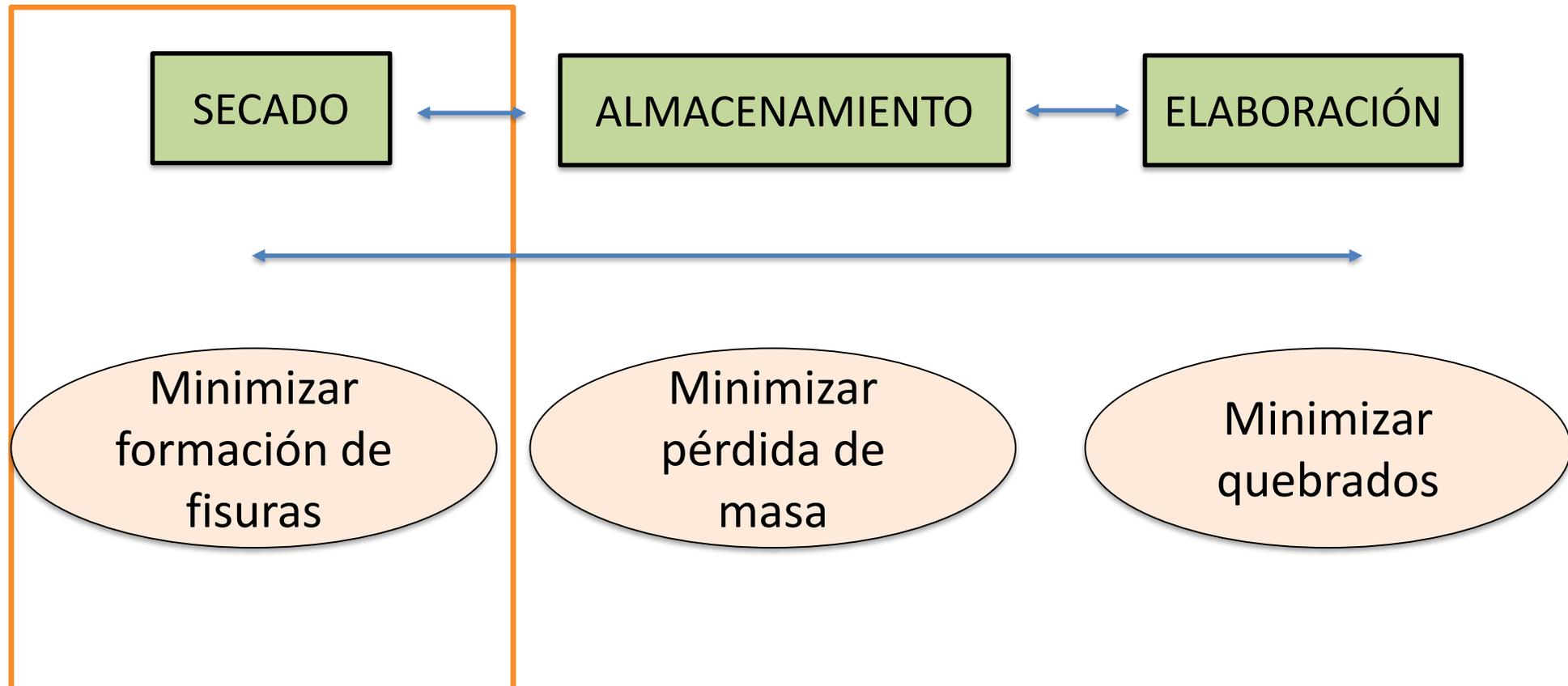
TEXTURA

Rugosidad
Dureza
Centros crocantes
Elasticidad
Pegajosidad manual



EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE PROCESO

MAXIMIZAR RENDIMIENTO SIN ALTERAR CALIDAD FÍSICA Y SENSORIAL





Minimizar fisuras

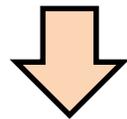
- Las condiciones operativas y condiciones del grano durante el secado determinan la formación de fisuras.
- Estas fisuras vuelven al grano más susceptible a quebrarse durante los procesos de elaboración



Relevante entender el mecanismo de formación de fisuras, su relación con condiciones operativas y condiciones del grano

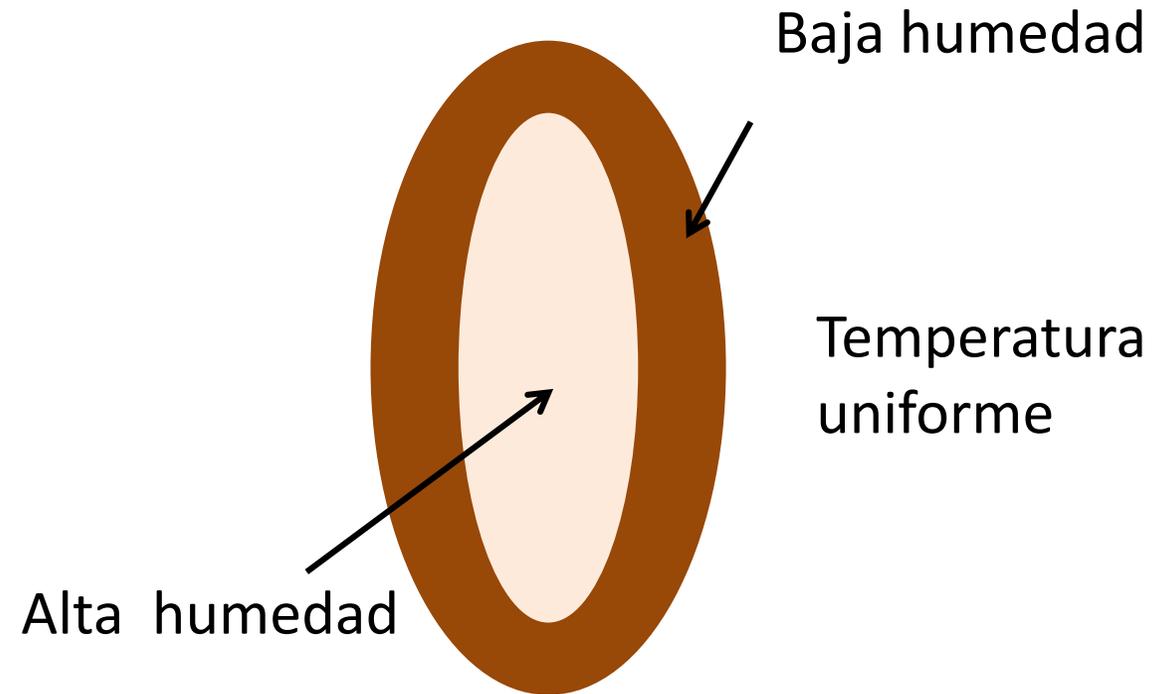
Gradientes de humedad

Si la velocidad de evaporación de agua en la superficie del grano **es mayor** que la velocidad de migración del agua desde el centro a la superficie

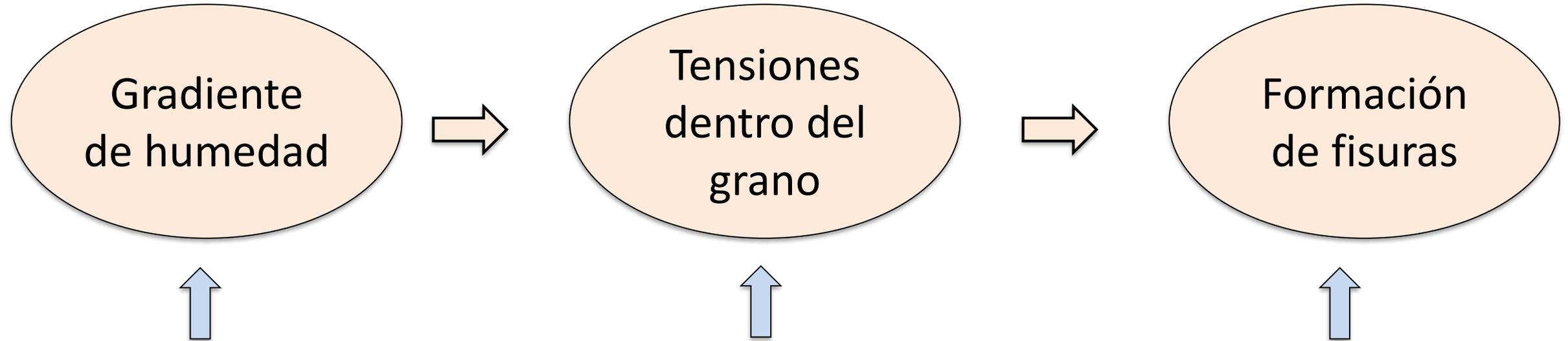


Se forma un gradiente de humedad dentro del grano

Velocidad de evaporación depende de condiciones operativas



Diferentes propiedades en el centro con respecto a la superficie (mas pronunciado en presencia del fenómeno de transición vítrea)



Diferentes propiedades en el centro con respecto a la superficie (mas pronunciado en presencia del fenómeno de transición vítrea)

Severidad depende de:

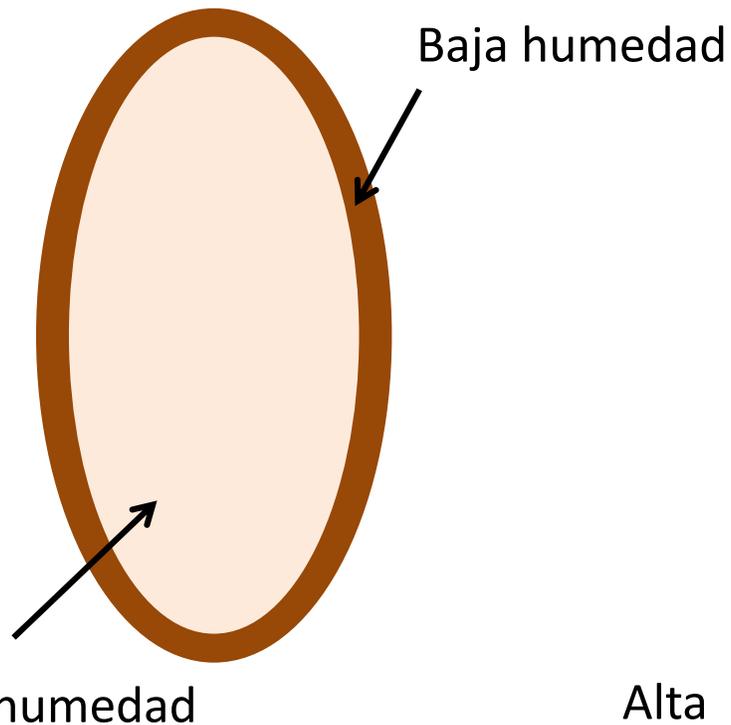
- 1) La magnitud del gradiente formado**
- 2) Estado del material dentro del grano (Fenómeno de transición vítrea)**

Granos débiles muy susceptibles a quebrarse durante el proceso de elaboración

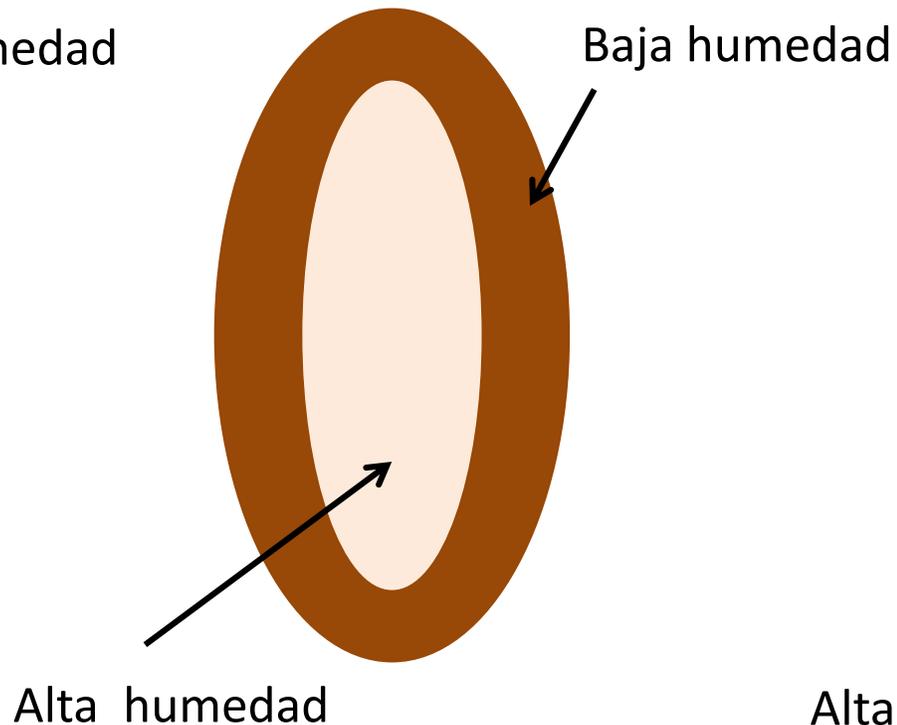
MAGNITUD DEL GRADIENTE FORMADO

Las condiciones del aire de secado (temperatura, humedad relativa y velocidad), tempering y la humedad del grano determinan la magnitud del gradiente formado

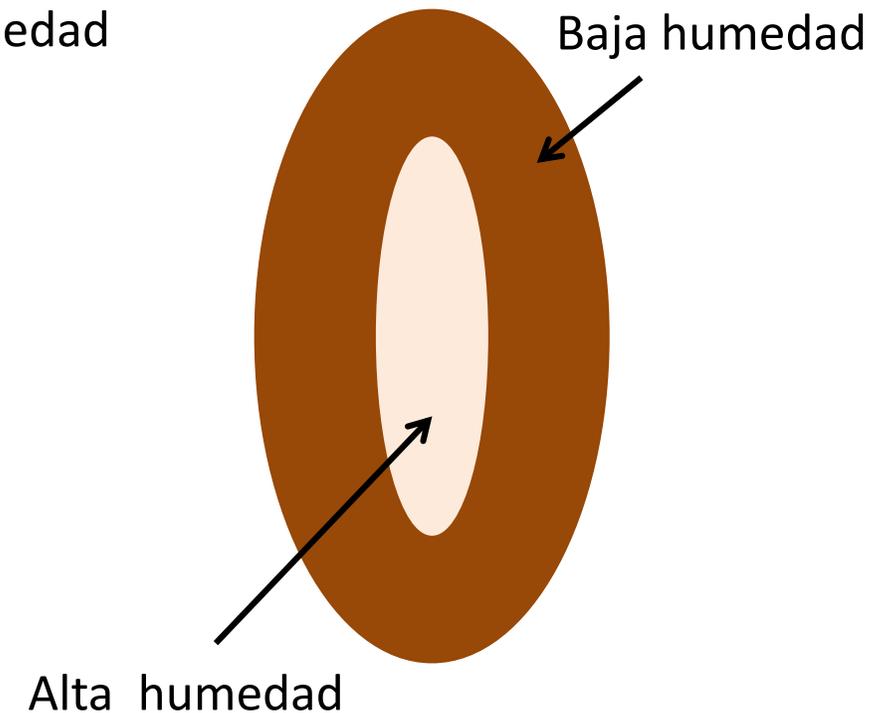
Escenario 1



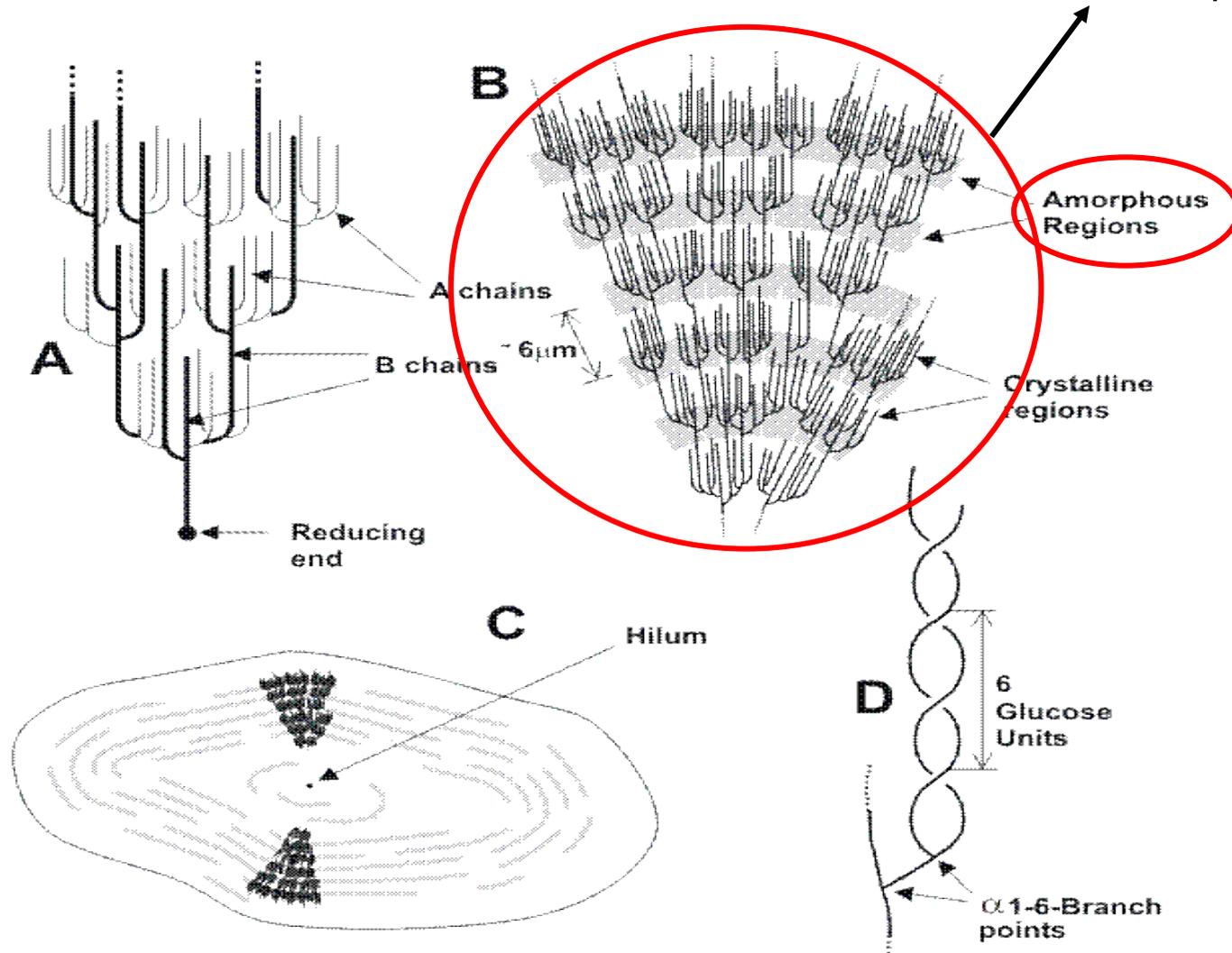
Escenario 2



Escenario 3

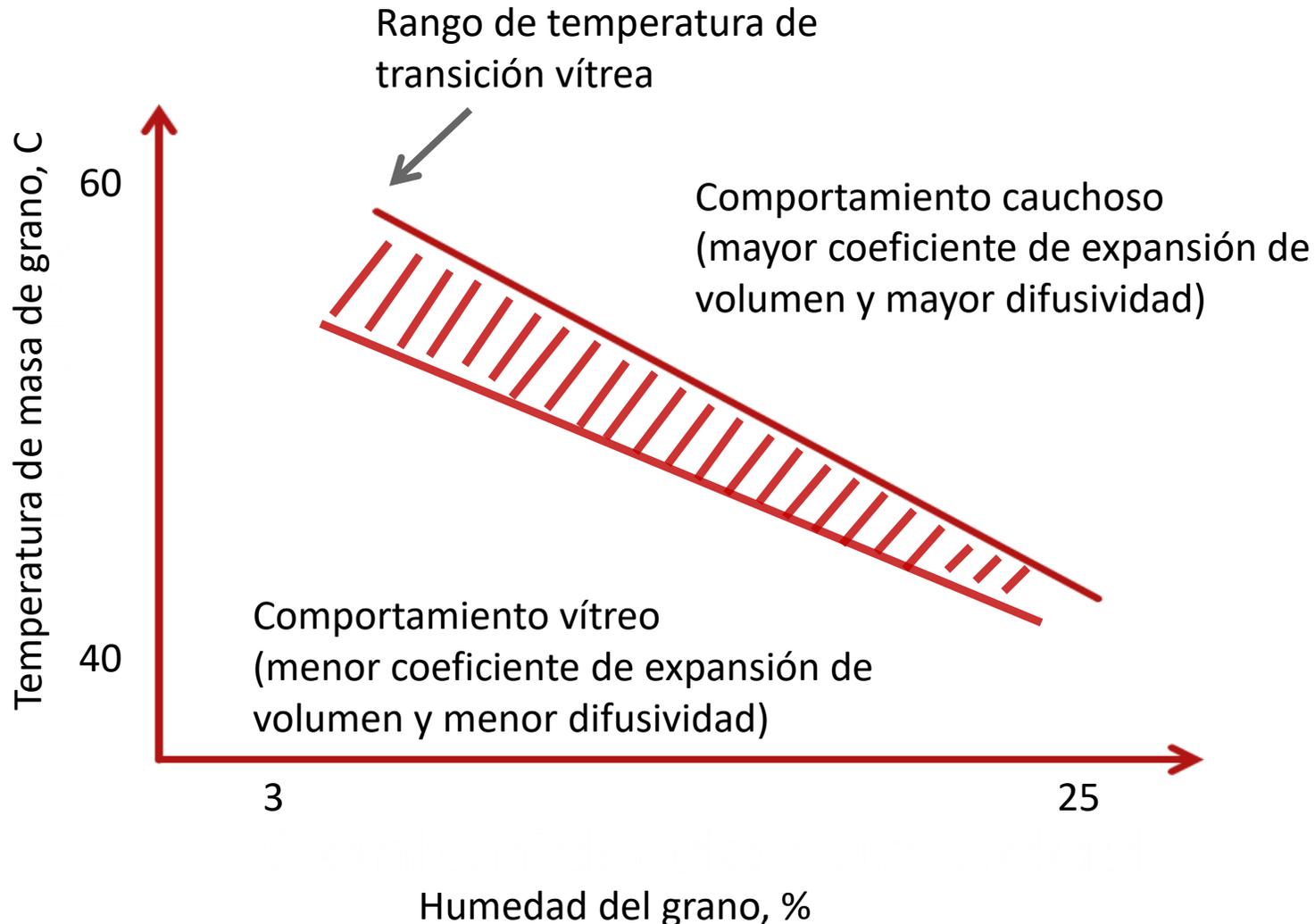


Estructura de la amilopectina



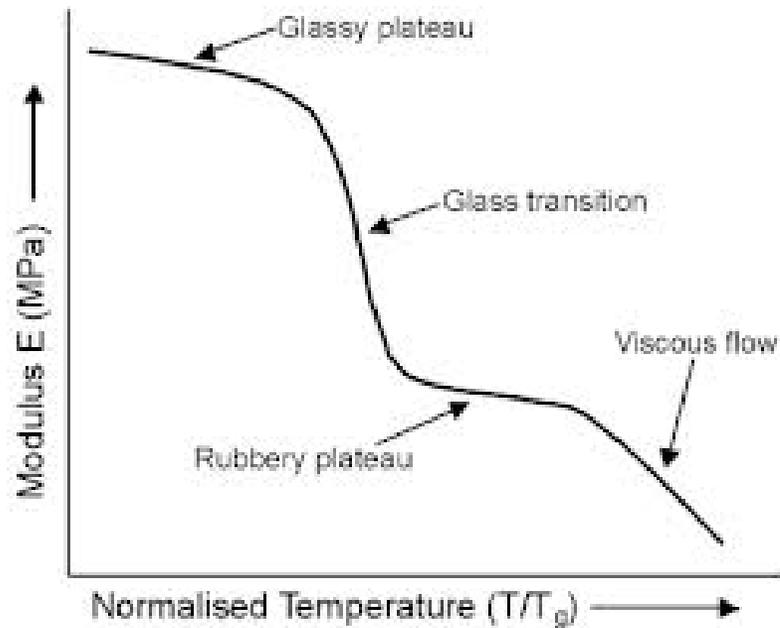
- ▶ polímero SEMICRISTALINO (ZONAS CRISTALINAS Y AMORFAS)
- ▶ ZONAS AMORFAS SUFREN TRANSICIÓN VÍTREA
- ▶ ZONAS CRISTALINAS SUFREN EL FENÓMENO DE FUSIÓN

TRANSICIÓN VÍTREA – ¿PORQUE ES IMPORTANTE PARA EL PROCESO DE SECADO?



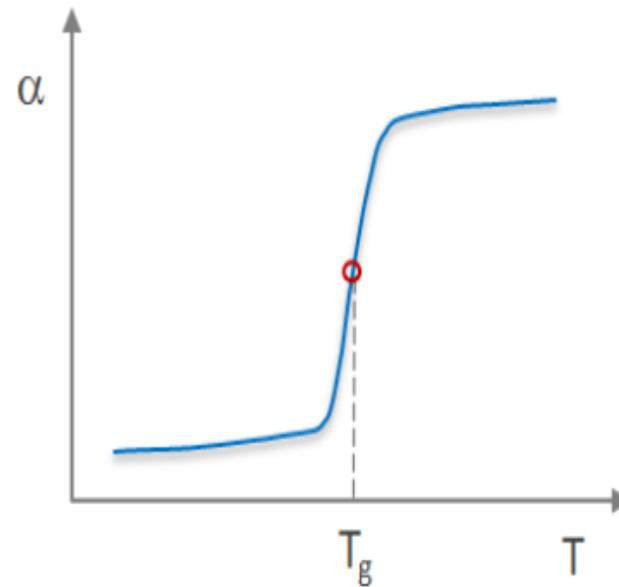
- Las combinaciones de temperatura y humedad del grano presentes en los procesos de secado atraviesan el rango de transición vítrea
- Las condiciones de temperatura y humedad del grano determinan el estado del almidón durante el proceso de secado

Deformación del material



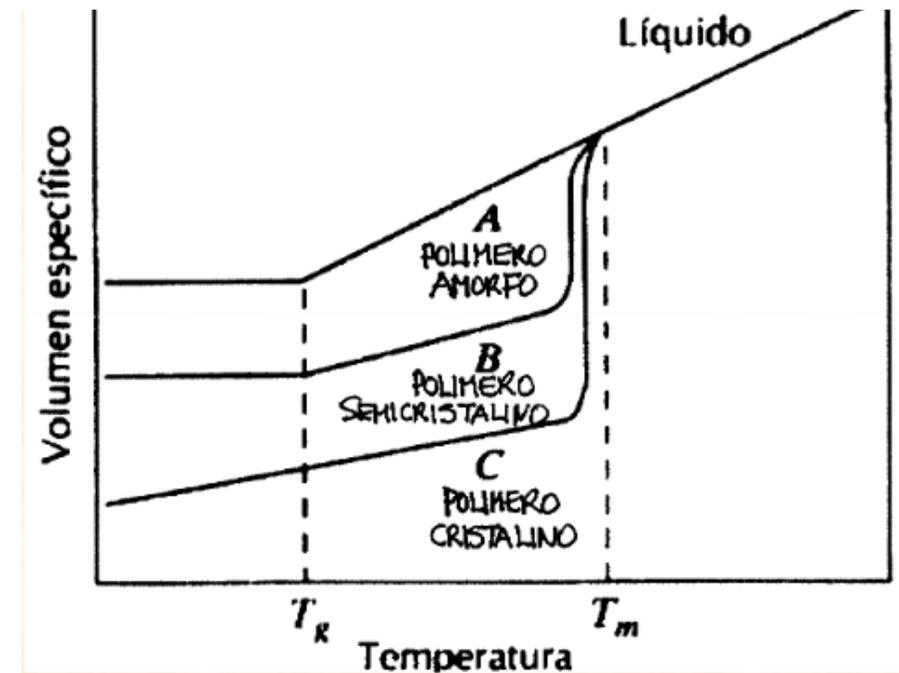
Comportamiento mecánico

Difusividad

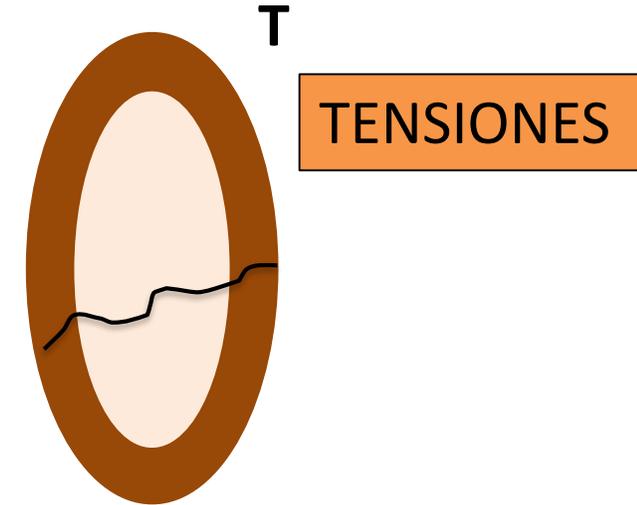
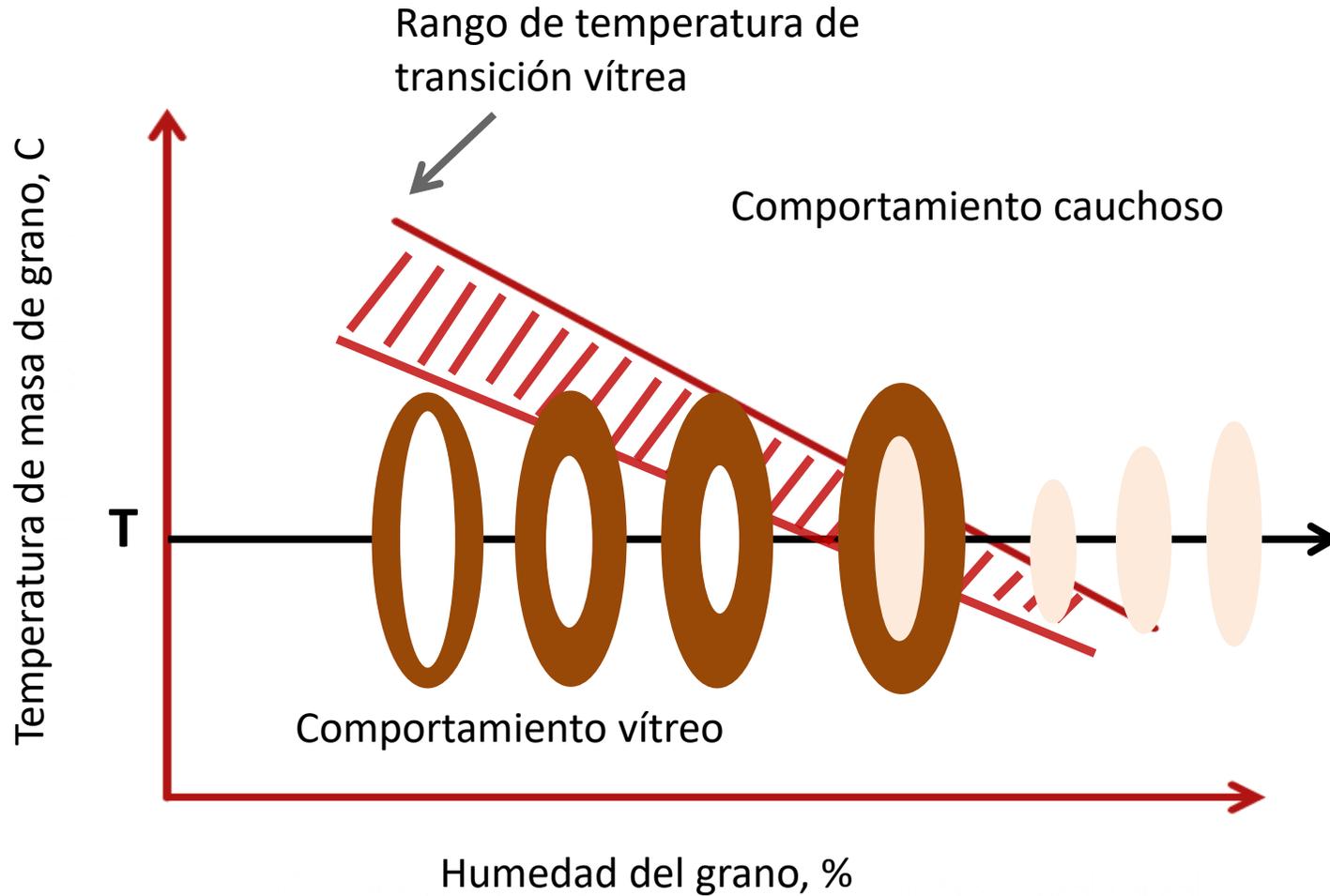


Velocidad de difusión del agua durante el secado

Volumen específico



¿CÓMO SE RELACIONA CON LAS FISURAS?



Impacto de las condiciones de temperatura y humedad del grano con la formación de fisuras

- Generar curvas de transición vítrea para distintos cultivares. →

Calorímetro
diferencial
de barrido

- Evaluar el impacto de condiciones operativas y condiciones de grano sobre el rendimiento (entero).

- Generar curvas de secado, para estudiar el impacto de las condiciones del aire de secado sobre la velocidad de secado.

- Evaluar estos comportamientos para distintos cultivares.

Secadora
piloto

- Evaluar el rol que juegan los gradientes de humedad y el fenómeno de transición vítrea en la formación de fisuras. →

Búsqueda de
indicadores

Recomendaciones

SECADORA PILOTO

Turbina

Equipo de frio
(condensador)



Cámara de
secado

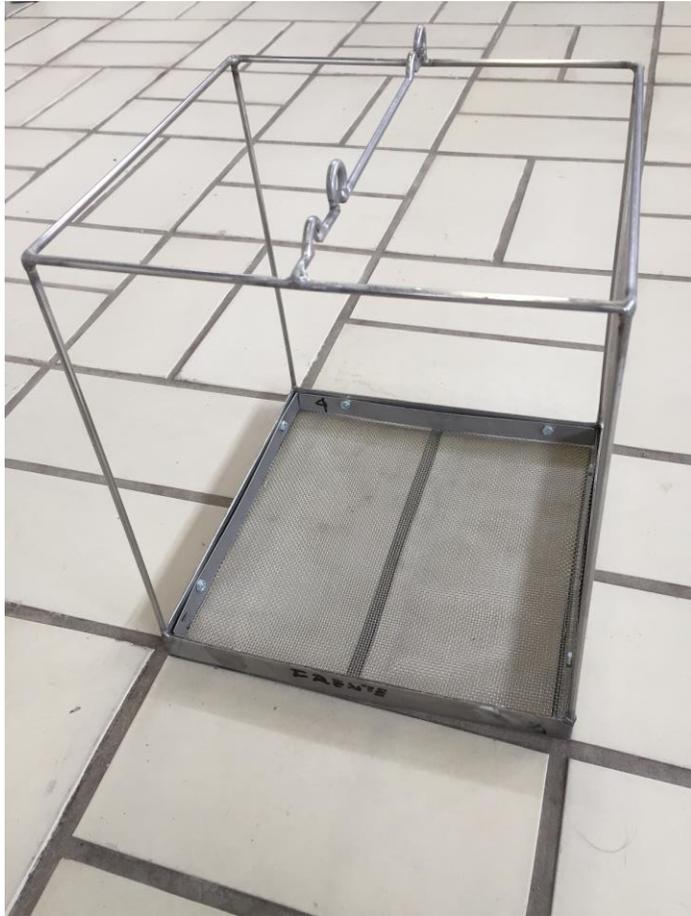
Celda de
carga

PLC

Tablero
general

Resistencias e
inyección de vapor

CONTENEDOR Y CÁMARA DE SECADO



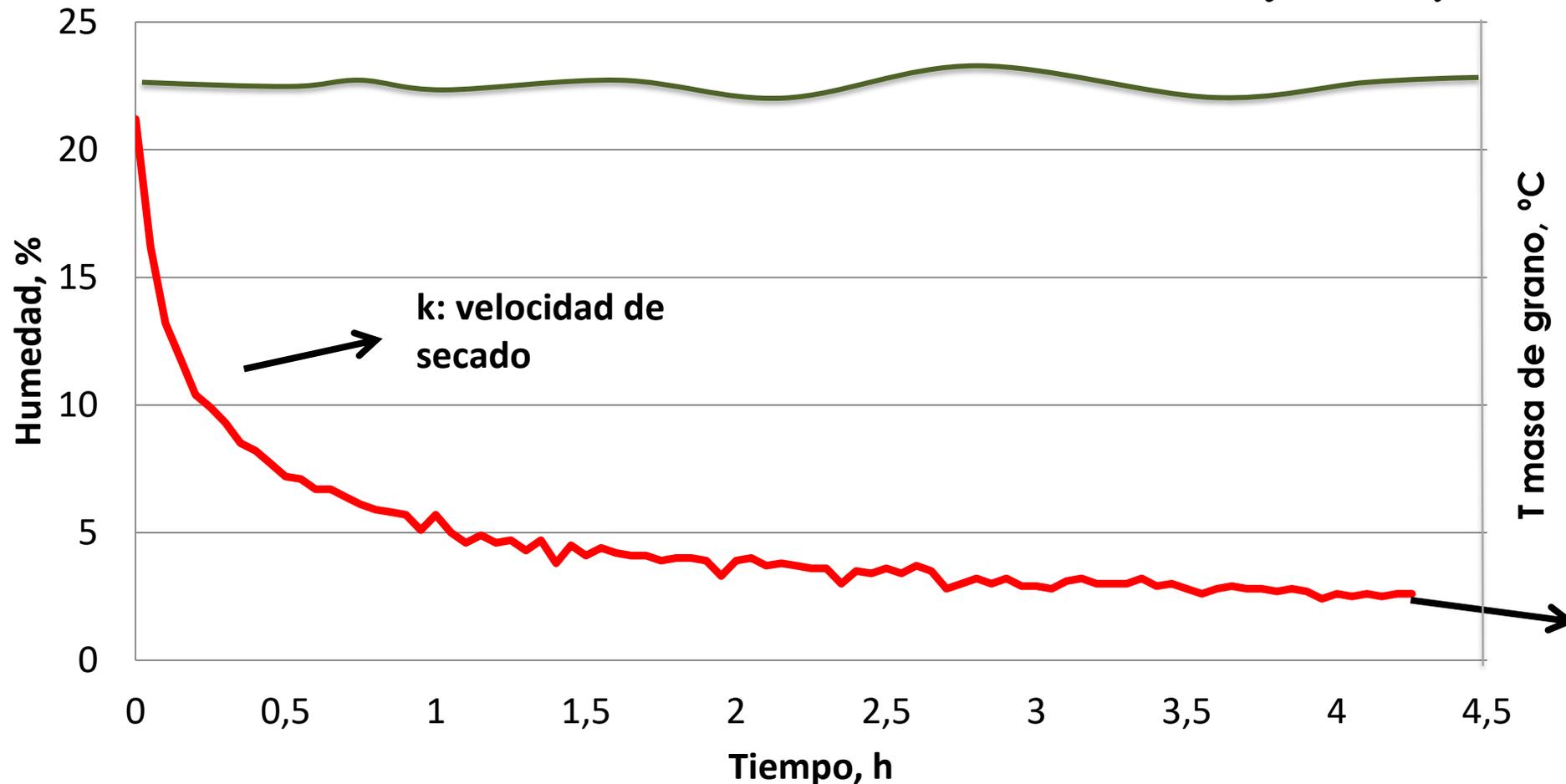
Se mide temperatura de
masa de grano

RESULTADOS UTILIZANDO SECADORA DE LABORATORIO

Ejemplo: $T = 60^{\circ}\text{C}$, $\text{HR} = 10\%$ y $v = 0,4 \text{ m/s}$

Curva de secado

$$H_t = (H_i - H_e) * e^{-kt^n} + H_e$$

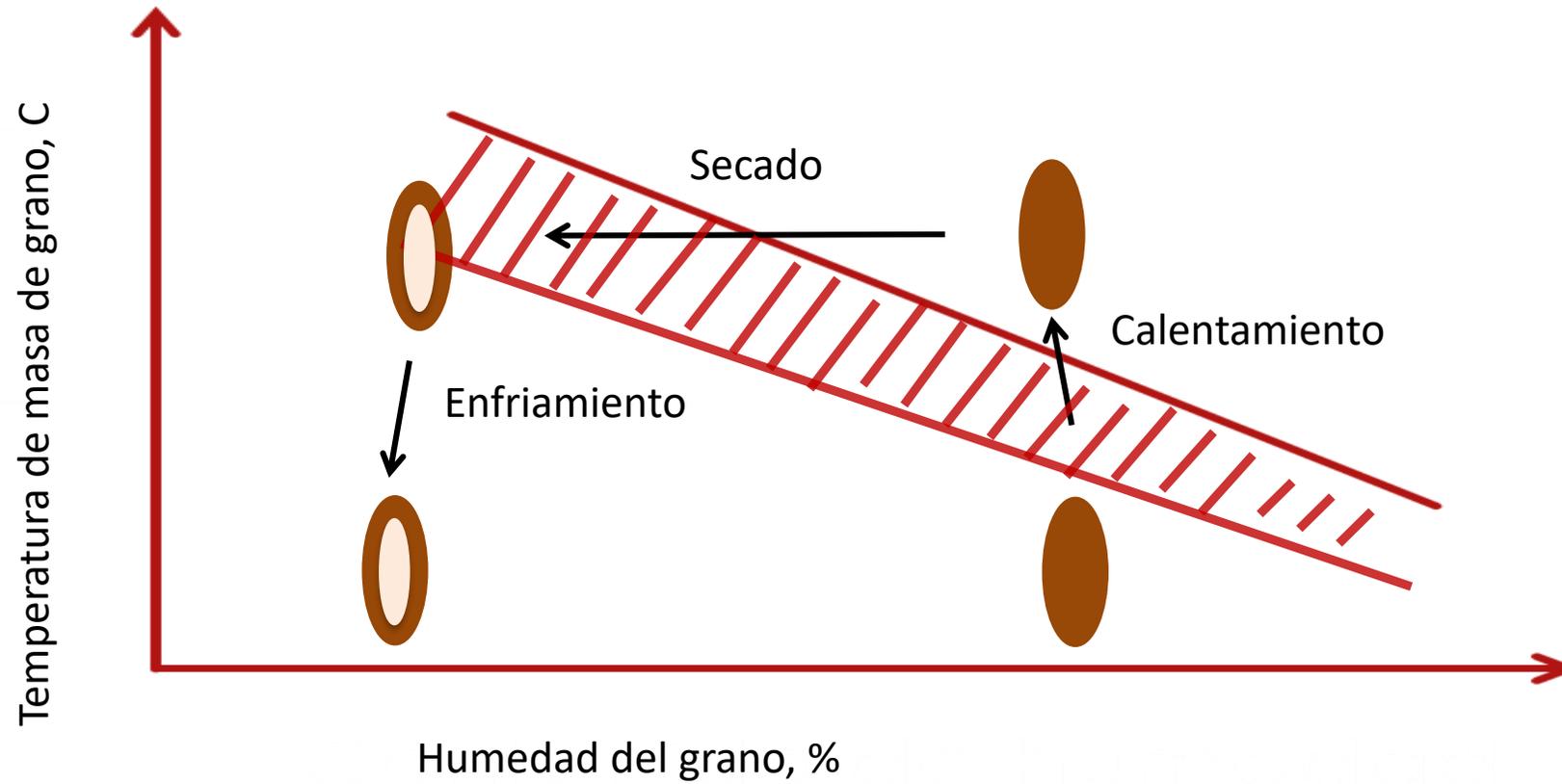


Ecuación de Page

H_t : humedad al tiempo t
 H_i : humedad inicial de la corrida

n : parámetro que mejora el ajuste del modelo

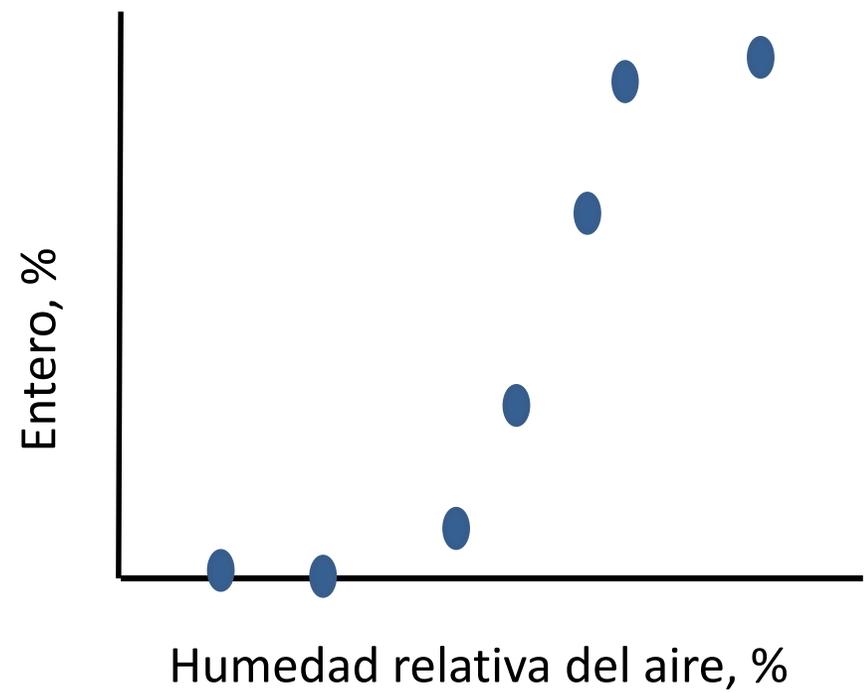
Humedad de equilibrio (H_e)



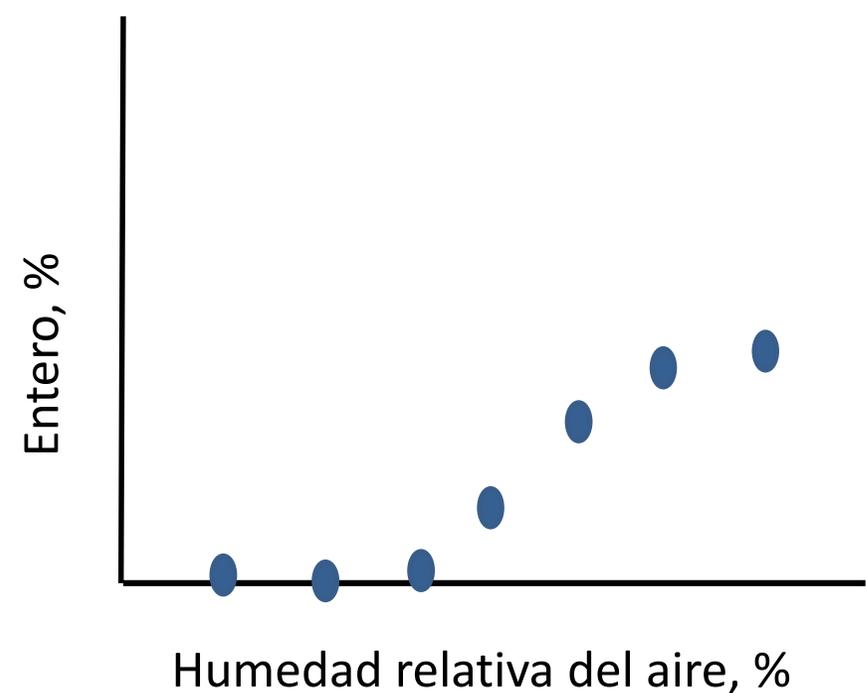
Impacto de las condiciones del aire de secado sobre el entero



Temperatura del aire de secado=40°C



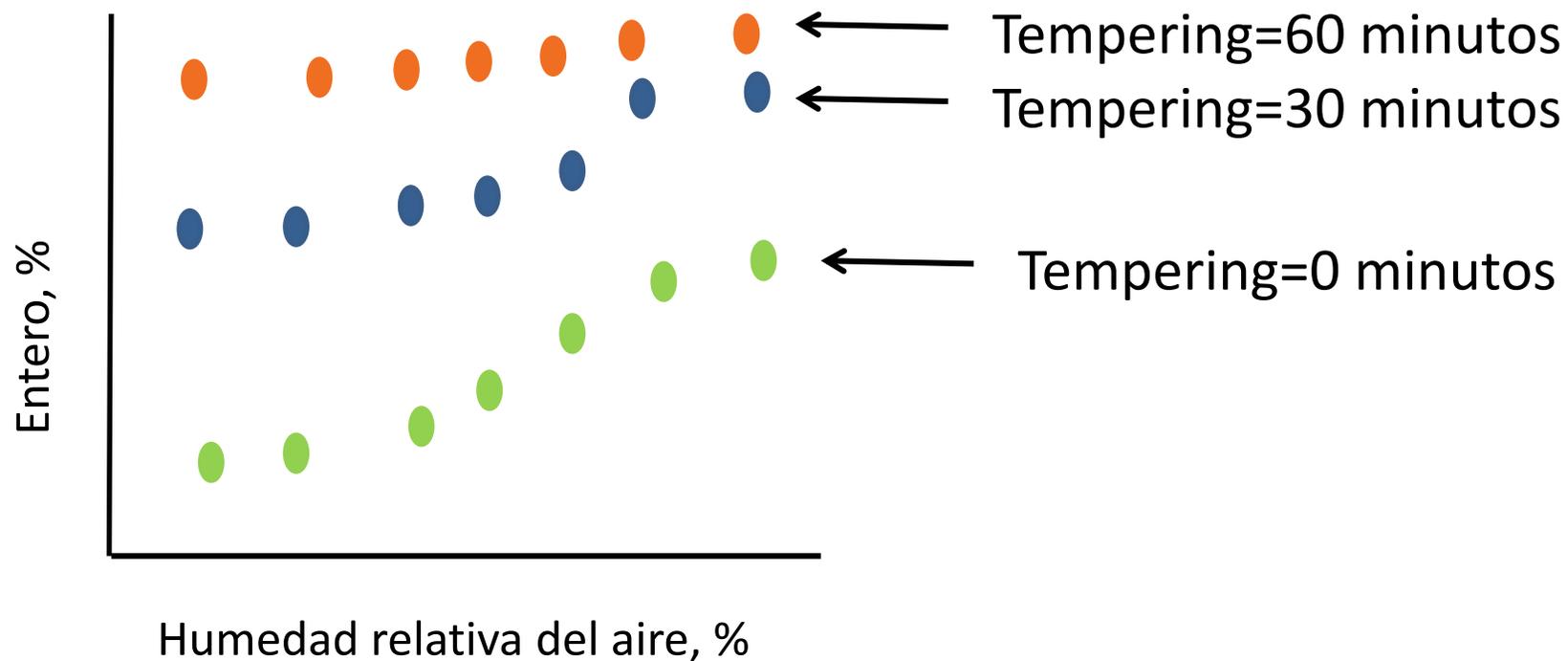
Temperatura del aire de secado=60°C



Basado en Ondier et al. 2012. Drying characteristics and milling quality of rough rice dried in a single pass incorporating glass transition principles. *Drying Technology*, 30: 1821-1830.

Impacto del tempering sobre el entero

Ej. Temperatura del aire de secado=70°C



- Evaluación cultivares
 - Los perfiles molineros permiten predecir la generación de quebrados en la pulidora, siendo una herramienta relevante en la selección de cultivares.
 - El contar con un panel de jueces para la evaluación sensorial permite conocer el perfil de calidad y seleccionar cultivares con características de calidad conocida.
- Parámetros de proceso - Secado
 - Curvas transición vítrea.
 - El contar una secadora de laboratorio permite: generar curvas de secado y temperatura de masa de grano para distintas condiciones operativas.
 - Esta información es relevante para entender los mecanismos de formación de fisuras y elaborar recomendaciones de Secado

Gracias



www.latitud.org.uy