



Universidad Autónoma del Estado de México



Facultad de Ciencias Agrícolas

Licenciatura de Ingeniero Agrónomo Industrial

**Conservación de Granos, Semillas
y Material Vegetativo**

DIAPORAMA:

**Efecto del contenido de humedad
y la temperatura en granos almacenados**

Autor: Dr. NESTOR PONCE GARCÍA

Septiembre de 2015

Efecto del contenido de Humedad y la Temperatura en granos almacenados

El grano y sus propiedades

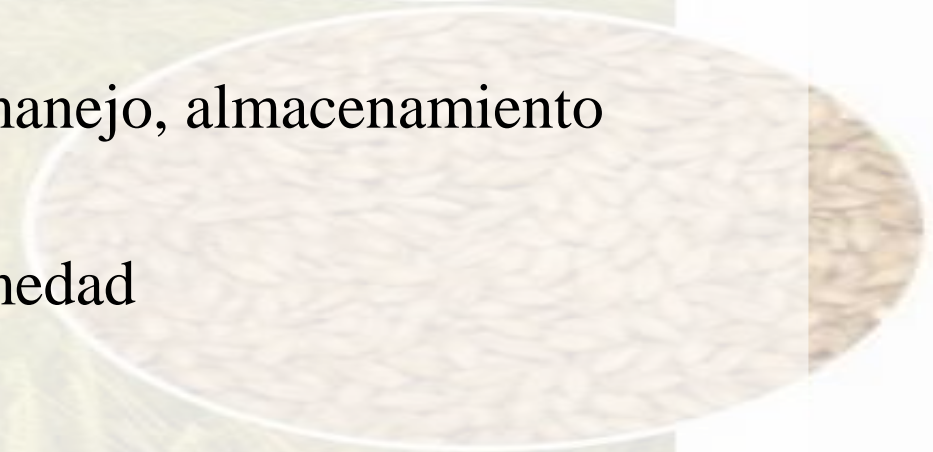
- Capacidad de absorción de agua
- Significancia práctica del agua durante el manejo, almacenamiento y comercialización
- Métodos de medición del contenido de humedad

Temperatura

- Temperatura propia-respiración del grano
- Temperatura adquirida

Proceso de respiración del grano

Whole
Grains

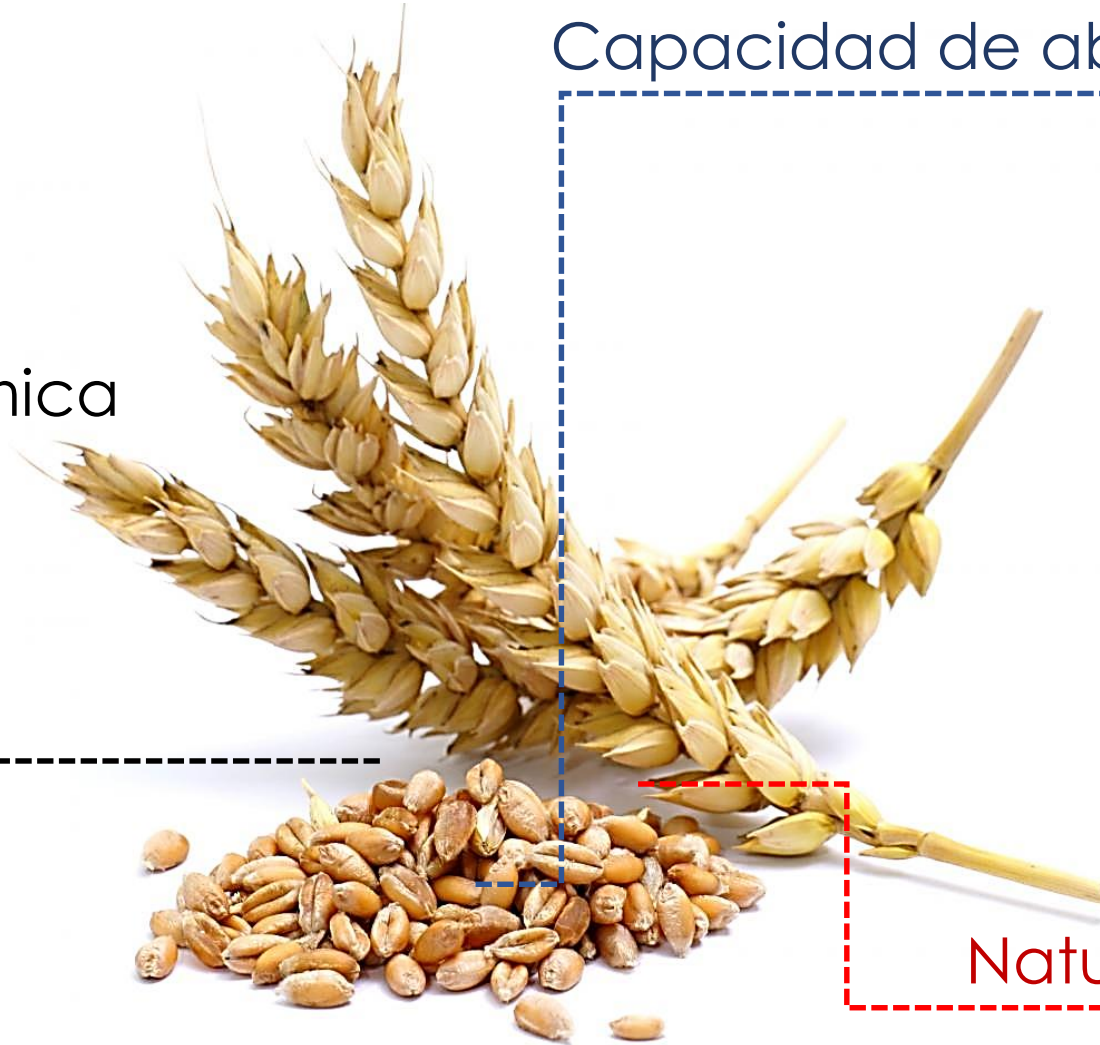


Los granos y sus propiedades

Capacidad de absorción de agua

Baja conductividad térmica

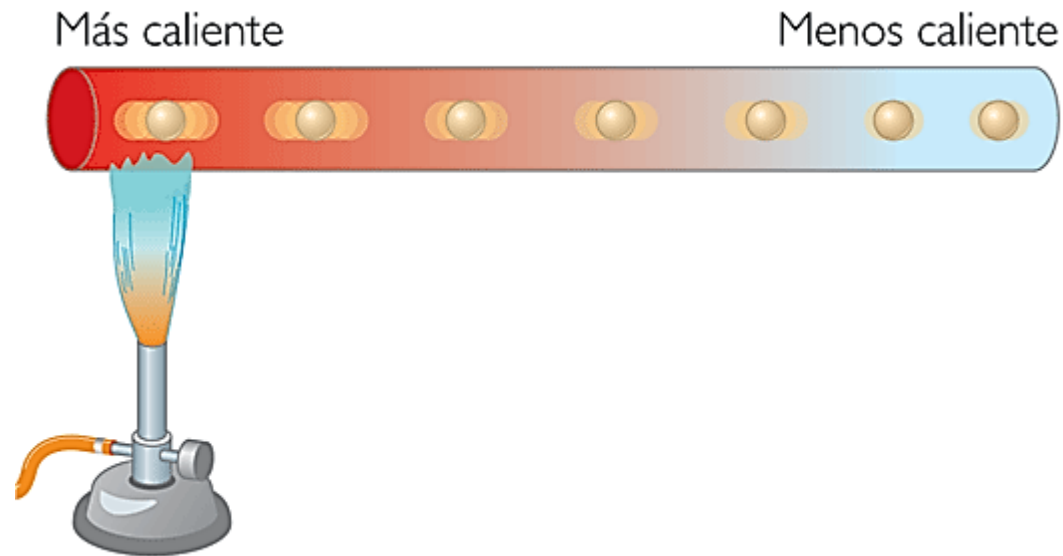
Naturaleza porosa



Conductividad térmica (CT)

Propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción de calor.

Es la capacidad de una sustancia o material de transferir la energía cinética de sus moléculas a otras adyacentes.



Conductividad térmica (CT) en granos

Cada grano o semilla tiene una determinada **CT** (oscila entre 0.05 - 0.1 W/m•K)

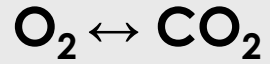


La **CT** se refleja como la velocidad a la cual el calor pasa de las zonas calientes hacia las más frías en la masa de granos.

A mayor contenido de humedad y temperatura, la **CT** tiende a incrementarse

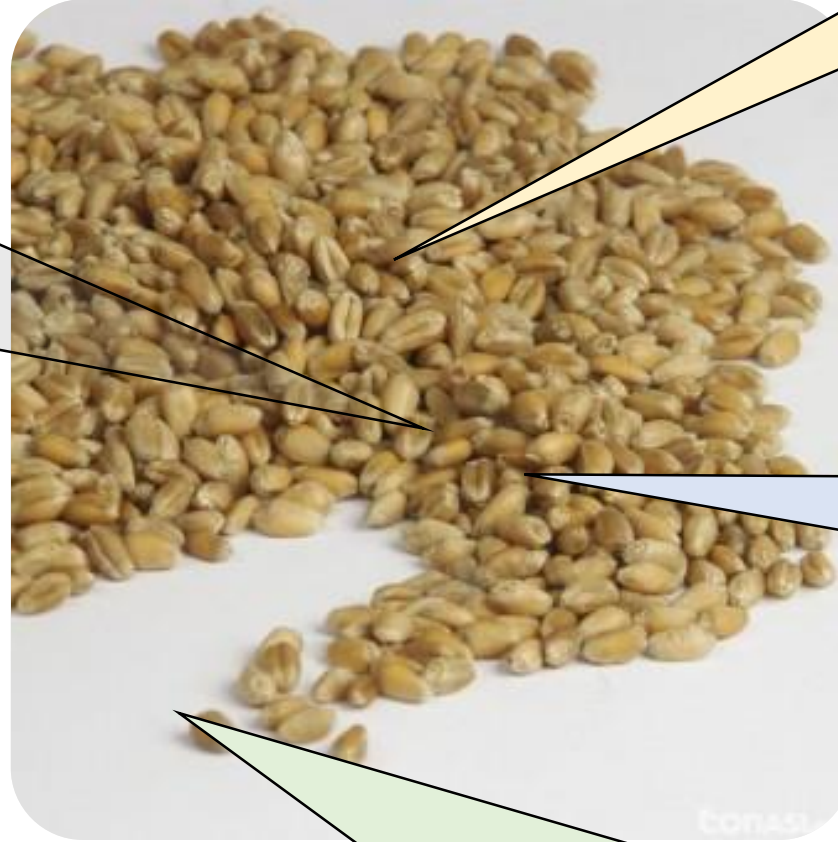
Naturaleza porosa

Estructura porosa que permite intercambio gaseoso:



e intercambio hídrico:

Absorción \leftrightarrow **desorción**



Al ser muy pequeños los poros, la difusión de gases y líquidos es muy lenta, limitando su secado

A medida que el grano se va secando, la difusión de los gases y el agua es más difícil.

A medida que el grano se hidrata, los poros incrementan su diámetro favoreciendo el intercambio del oxígeno por el anhídrido carbónico (se incrementa)

Capacidad de absorción del agua



El **agua** se encuentra **retenida** en los granos y semillas en tres formas diferentes:

Agua libre:

Retenida en los espacios intergranulares, siendo la de mayor movilidad dentro del grano. Es la fracción que se elimina primero en el secado

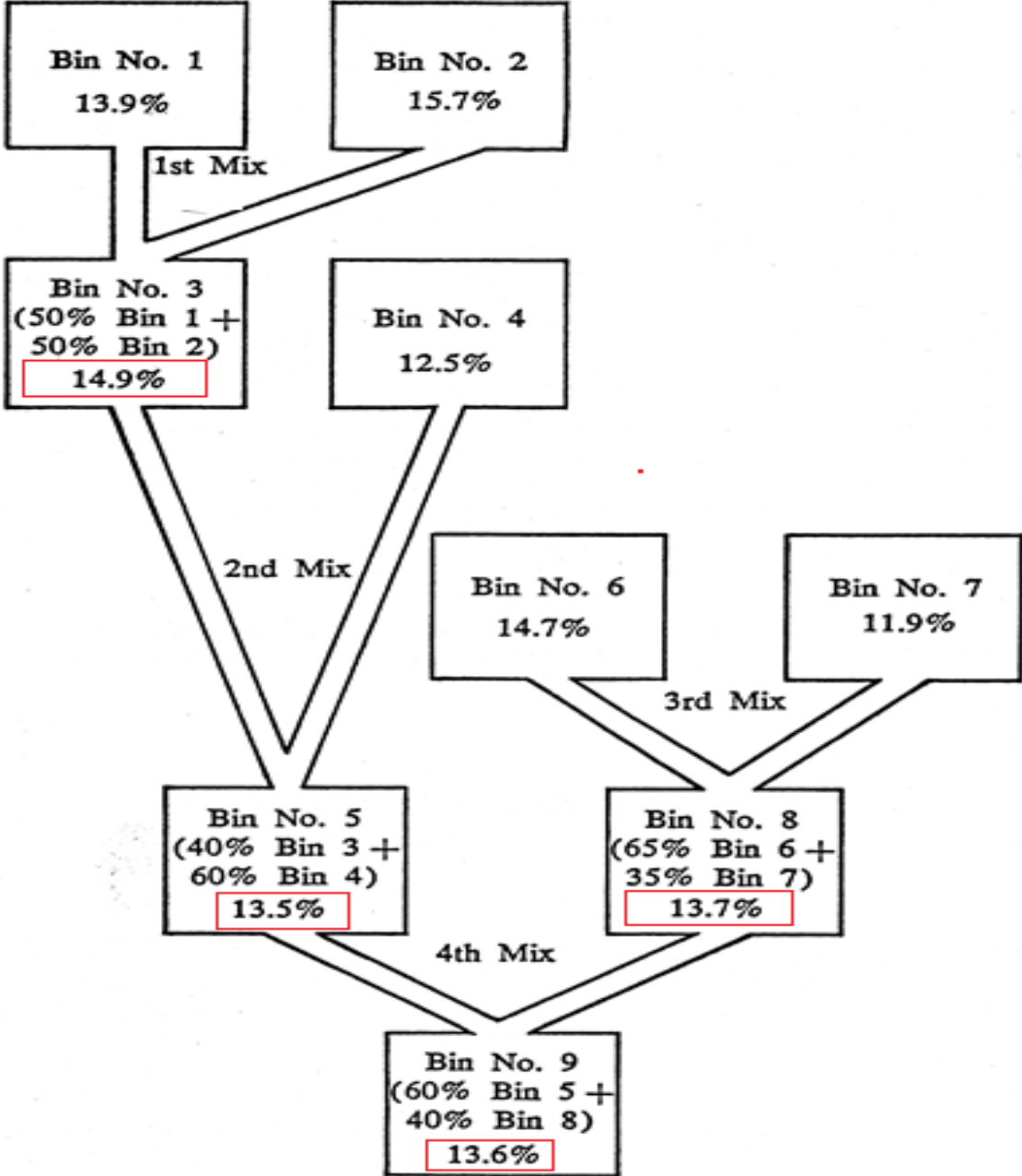
Agua absorbida:

Fracción de agua retenida dentro del grano por la acción de las fuerzas de atracción molecular de los componentes coloidales del mismo

Agua de constitución:

Fracción de agua químicamente combinada con los componentes del grano. No se elimina por secado normal, alterándose sólo en casos extremos

Significancia práctica del agua durante el manejo, almacenamiento y comercialización





Durante la cosecha, los granos se obtienen de diferentes lugares y en diferentes momentos.

Suelen existir marcadas diferencias entre la morfología y composición química de los granos.

Durante el mezclado, es común encontrar granos “jóvenes” y “viejos” en un mismo lote.

Cuánto mejor se realice el muestreo de un lote, cuánto mayor es la posibilidad de contar con una muestra promedio representativa.



El contenido de humedad **NO** se considera determinante para estimar el grado de un lote de granos, pero sí como un referente.

El contenido de humedad se debe reportar en todos los certificados de calidad, sin embargo, los límites permisibles se estipulan en los respectivos contratos de compra-venta (comercialización).

Un problema práctico al que se enfrenta el comprador, es que el contenido de humedad reportado para un lote **NO indica el rango** de humedad, sino sólo un valor absoluto. El rango **determina el riesgo** de almacenamiento.

No debe asumirse que el contenido de humedad de un lote de granos está uniformemente distribuido.



Hecho 1:

“La uniformidad del contenido de humedad en una masa de granos es un concepto, no un hecho”

Hecho 2:

“Para determinar el grado y comercialización de un lote de granos, es aceptable considerar el valor promedio de una muestra representativa, pero para evaluar su condición y comportamiento en el almacén, no lo es”

Hecho 3:

“Para determinar un contenido de humedad más certero en un lote de granos, las muestras primarias obtenidas deberían evaluarse por separado, lo que permitiría estimar un rango de humedad y, en consecuencia, un mejor control durante el almacenamiento”



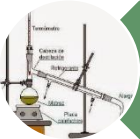
Métodos de medición del contenido de humedad



Secado en estufa por convección forzada



Secado en estufa al vacío, con y sin desecante



Destilación



Reacción química con reactivo de Karl Fischer



Dispositivos electrónicos



Resonancia magnética nuclear (NMR)



Espectrofotometría de infrarrojo cercano (NIR)



Clasificación de los Métodos



1. Fundamentales o
referencia básica



2. Rutinarios



3. Prácticos

Los métodos Fundamentales se consideran como los más “confiables”; se utilizan para verificar las mediciones que se obtienen por métodos rutinarios.

Los métodos rutinarios aplican para verificar las mediciones realizadas por métodos prácticos



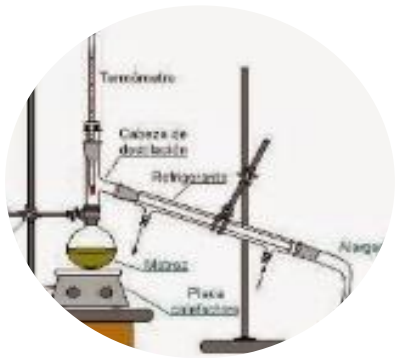
1. Fundamentales o referencia básica

Se realiza un secado al vacío con un desecante y se valora con reactivo Karl Fischer



2. Rutinarios

Destilación



Estufa al vacío



Estufa por convección



3. Prácticos

Dispositivos electrónicos



Termobalanza

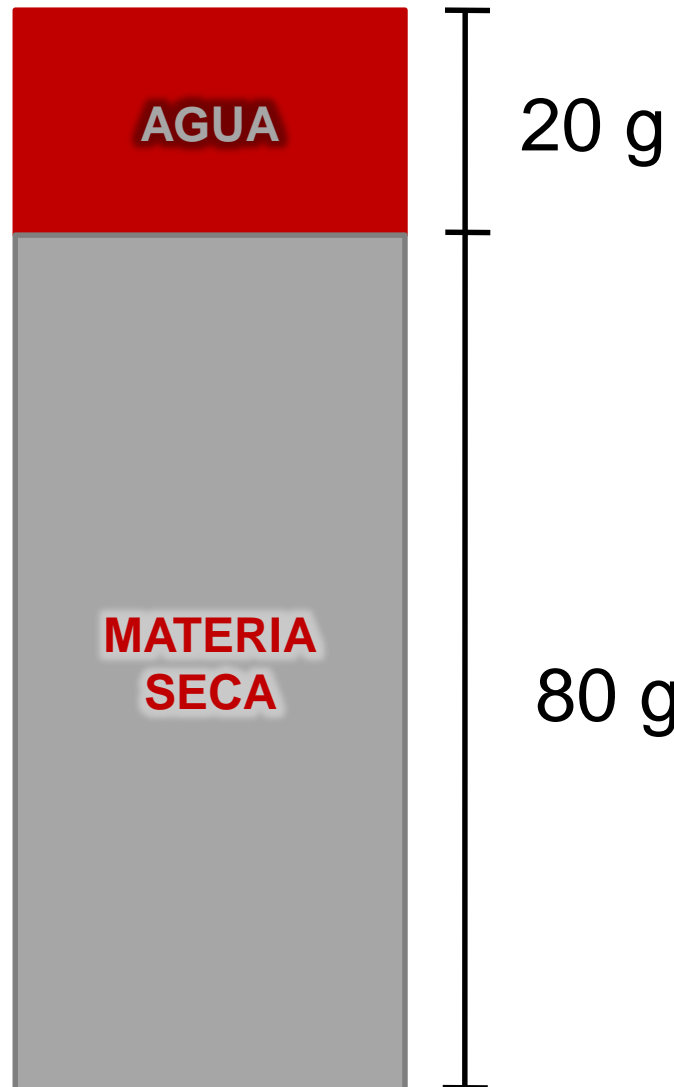


Resonancia magnética nuclear (NMR)



Espectrofotometría de infrarrojo cercano (NIR)





$$X_W = \frac{m_W}{m_{dm}}$$

X_W = % humedad

m_W = Masa del agua

m_{dm} = Masa materia seca

**Humedad Base Húmeda (bh) o
Wet Basis (wb):**

$$20 / 100 = 20\%$$

**Humedad Base Seca (bs) o
Dry Basis (db)**

$$20 / 80 = 25\%$$

dry basis (db)

wet basis (wb)

$$x_{W,db} = \frac{m_W}{m_{dm}}$$

$$x_{W,wb} = \frac{m_W}{m_{total}}$$

$$x_{W,db} = \frac{m_W}{m_{total} - m_W}$$

$$x_{W,wb} = \frac{m_W}{m_{dm} + m_W}$$

division by m_W yields

$$x_{W,db} = \frac{1}{\frac{1}{x_{W,wb}} - 1}$$

$$x_{W,wb} = \frac{1}{\frac{1}{x_{W,db}} + 1}$$

possibilities to present the result

x_W (db)

x_W (wb)

x_W on dry basis

x_W on wet basis

x_W in g H₂O/g dry matter

x_W in g H₂O/g

Ejemplo: Determinar el contenido de humedad en hojuelas de maíz en **BASE SECA**, si su contenido de humedad en **BASE HÚMEDA** es de 7.5%

$$x_{W,db} = \frac{m_W}{m_{total} - m_W} = \frac{7.5 \text{ g}}{100 \text{ kg} - 7.5 \text{ g}} = \frac{7.5 \text{ g}}{92.5 \text{ g}} = 0.081$$

$$x_{W,db} = 8.1 \text{ g H}_2\text{O}/100 \text{ g dm} = 8.1\% \text{ (db)}$$

o más simple:

$$x_{W,db} \frac{1}{\frac{1}{0.075} - 1} = 0.081$$

Ejemplo: Determinar el contenido de humedad en hojuelas de maíz en **BASE HÚMEDA**, si su contenido de humedad en **BASE SECA** es de 21.2%

$$x_{W,wb} = \frac{m_W}{m_{dm} + m_W} = \frac{21.2 \text{ kg}}{100 \text{ kg} + 21.2 \text{ kg}} = 0.175$$

$$x_{W,wb} = 17.5 \text{ g H}_2\text{O}/100 \text{ g} = 17.5\% \text{ (wb)}$$

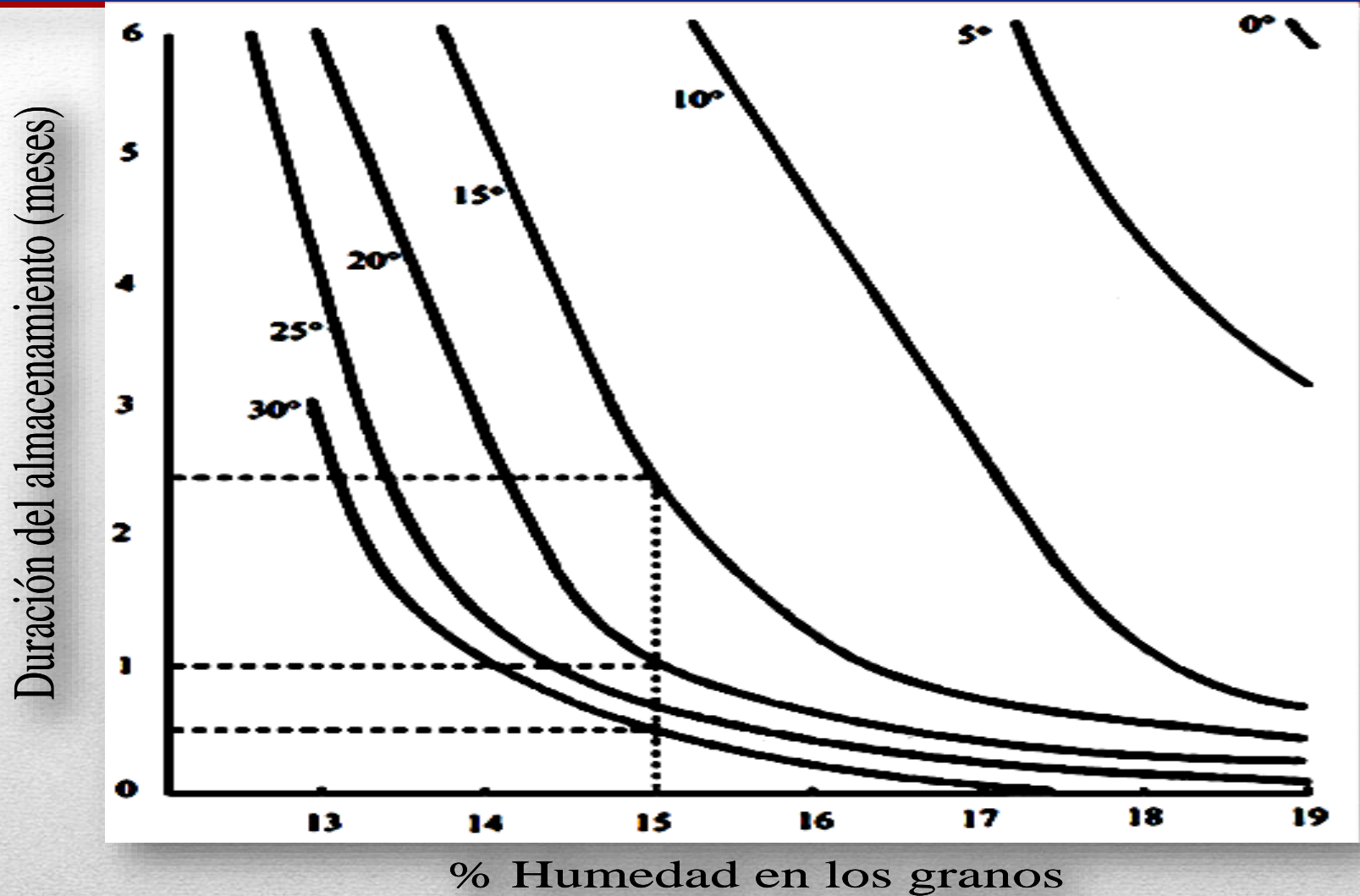


Figura 1. Duración del almacenamiento en función de la Temperatura y el % de humedad en el grano (Appert, 1993)

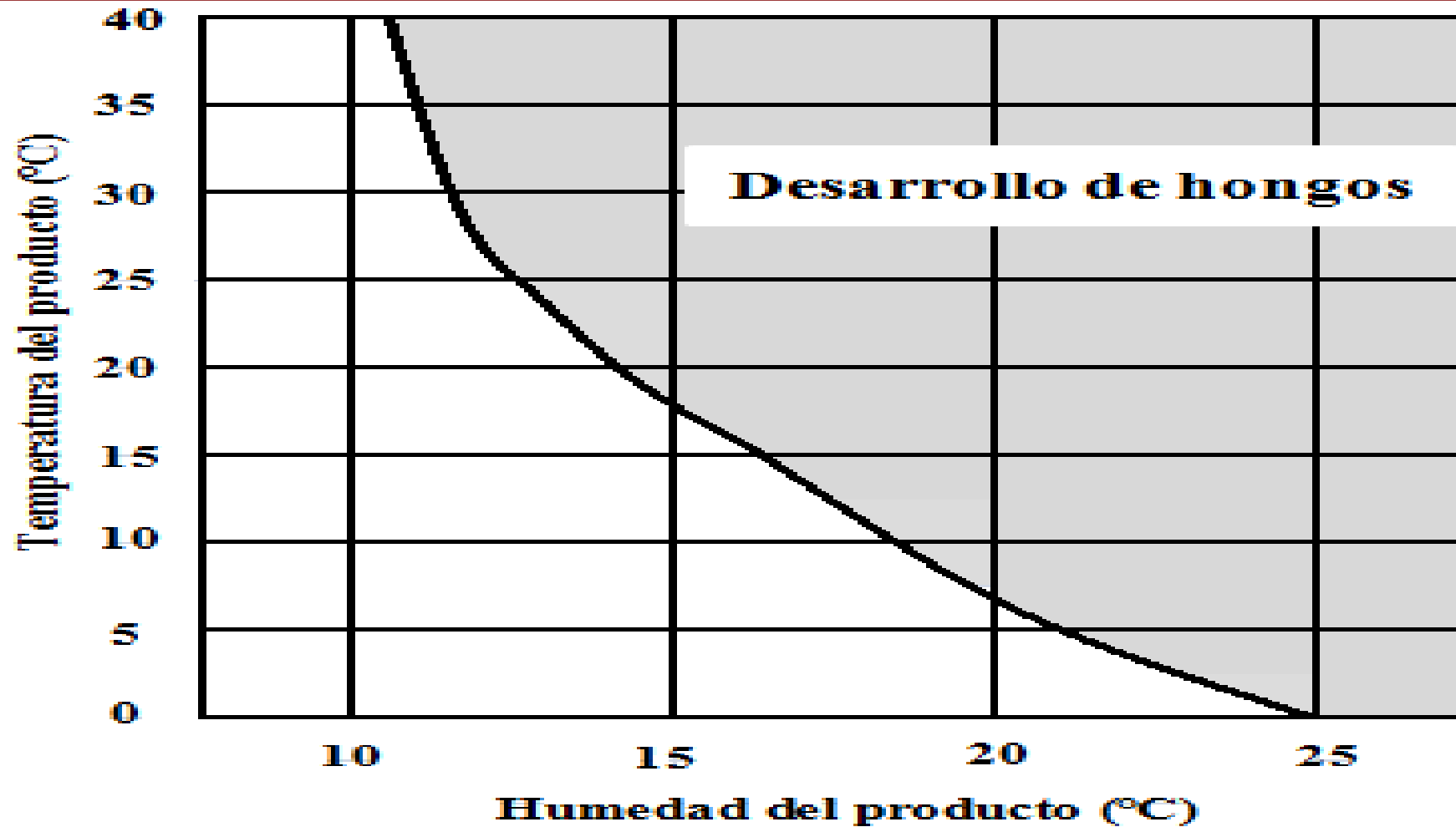


Figura 2. Zona propicia para el desarrollo de hongos en granos almacenados respecto a la temperatura y el contenido de humedad

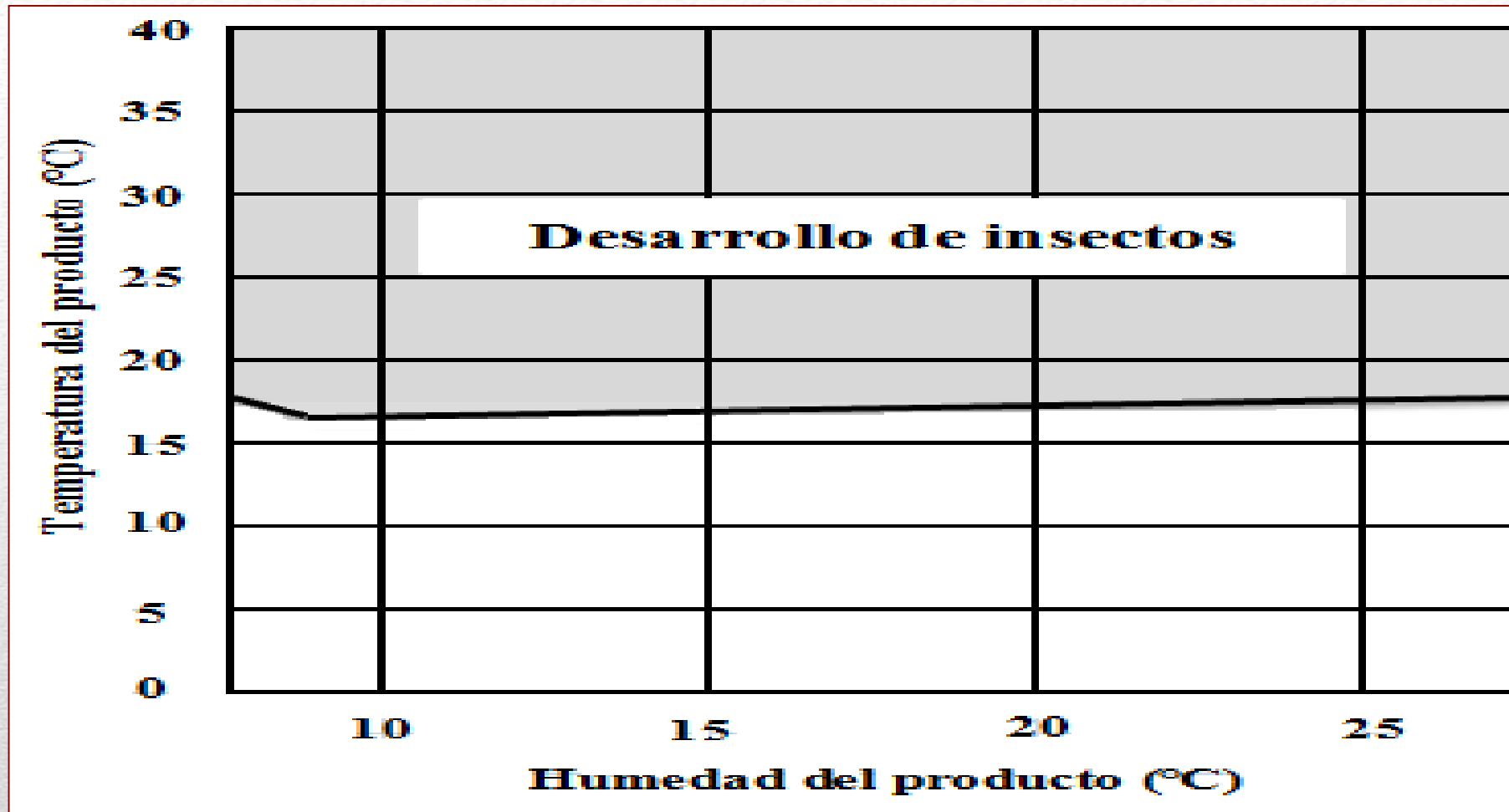




Figura 3. Zona propicia para el desarrollo de insectos en granos almacenados respecto a la temperatura y el contenido de humedad

The background of the slide features several clear plastic containers filled with different types of grains. In the foreground, there are containers with brown, elongated grains, possibly wheat or barley. Behind them, there are containers with lighter, more rounded grains, likely rice or corn. The lighting is bright, highlighting the textures and colors of the grains.


Entre el contenido de humedad del grano y la humedad del aire existe una relación constante que depende de la TEMPERATURA

La TEMPERATURA actúa modificando la humedad relativa del aire:
El aire caliente absorbe MÁS agua que el aire frío

The background of the slide features several clear plastic containers filled with different types of grains. On the left, there are dark brown, elongated grains, possibly whole wheat or rye. In the center, there are reddish-brown grains, likely sorghum. On the right, there are light-colored, oval-shaped grains, possibly rice or corn. The top of the image shows a close-up of white, oval-shaped grains, likely rice. The overall scene is a collection of diverse agricultural products.

Si el contenido de humedad del grano es bajo, las altas temperaturas afectan poco;
Si el contenido de humedad es alto, el producto se puede conservar a bajas temperaturas.

Una TEMPERATURA (ambiental) superior a la del grano al momento del almacenamiento incrementa la posibilidad de que el producto se deteriore

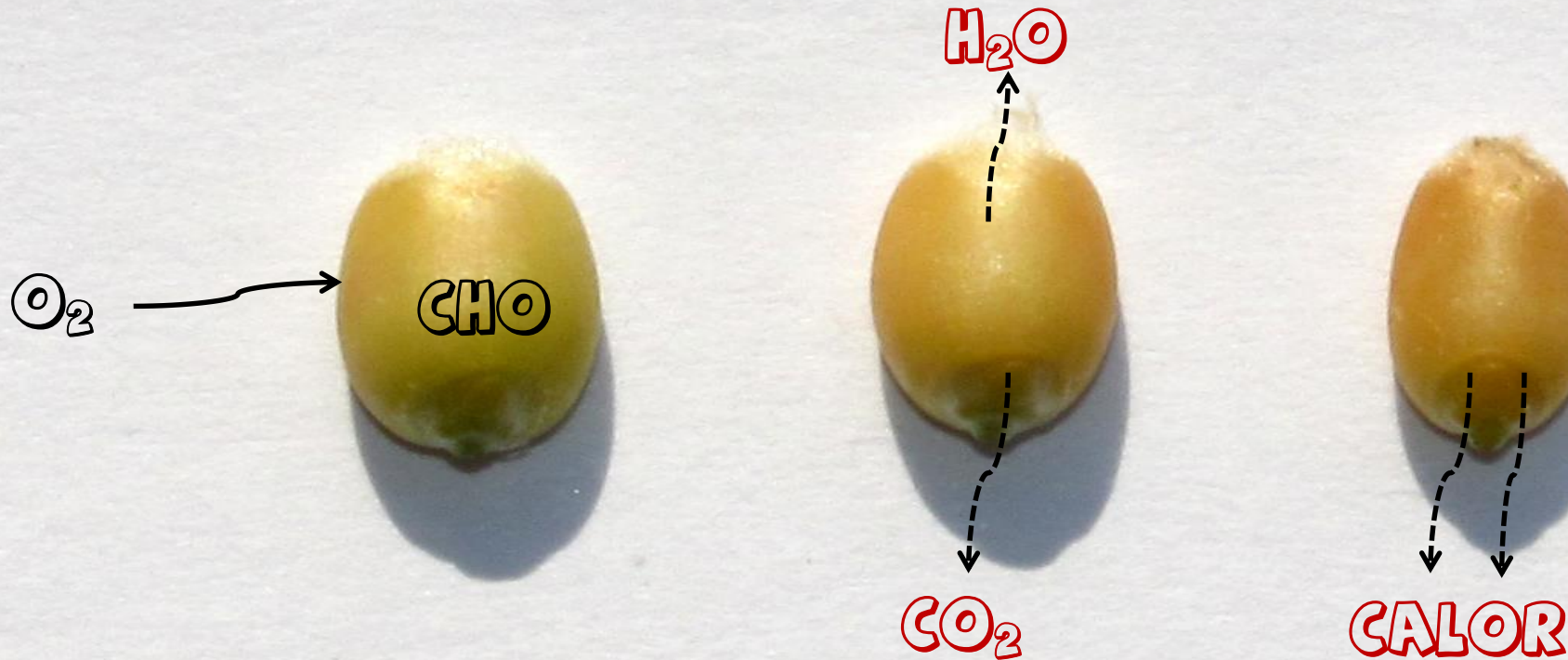


El deterioro se deberá principalmente a que la RESPIRACIÓN del grano y el METABOLISMO de los insectos, hongos y/o bacterias se incrementan

Así como debe conocerse el contenido de humedad del producto, es esencial CONTROLAR LA TEMPERATURA, principalmente para evitar la proliferación de los insectos

Proceso de Respiración

a. Aeróbico: Oxidación de carbohidratos y lípidos por acción del oxígeno atmosférico



Factores

Temperatura: Cuando aumenta de 30°C a 40°C , se incrementa el proceso: a partir de este punto hay un descenso notable del mismo.

%H Grano: Niveles entre 11 - 13% mantienen el proceso lento.

Hongos: Los granos pasan a ser sustrato alimenticio de los hongos, los cuales incrementan el nivel de CO_2 , H_2O y calor.

Composición del aire ambiental: Cuanto mayor sea la producción de CO_2 y menor la de O_2 , menor será la intensidad respiratoria de los granos almacenados.



Consecuencias

Pérdida de peso: Al existir mayor consumo de sustancias orgánicas, el peso del grano decrece.

Calentamiento de la masa de granaria por presencia de microorganismos

Contaminación natural de postcosecha

Microorganismos: hongos, levaduras y bacterias

Contaminación secundaria ocasionada en almacenamiento

Modificación de la microflora: descenso por secado o incremento por hongos

Consecuencias

... Calentamiento de la masa de granaria por presencia de microorganismos

En su desarrollo, los hongos y bacterias consumen (por su actividad enzimática) sustancias alimenticias a expensas del grano y producen agua.

Debido a actividad enzimática hay presencia de olores y sabores desagradables, así como de micotoxinas