



CONSERVACIÓN DE GRANOS



INTRODUCCIÓN A LA CONSERVACIÓN DE GRANOS

Cuando el hombre pasó de sociedades nómadas a una economía agrícola sedentaria, se encontró con la imperiosa necesidad de CONSERVAR sus alimentos entre las cosechas sucesivas, trasladar los excedentes de las épocas de abundancia a las de escasez.

Entre los alimentos de producción estacional, los granos son sin duda uno de los principales recursos para el hombre, poseen una gran aptitud para conservarse ya que esencialmente son estructuras de supervivencia de las plantas superiores, capaces de soportar condiciones extremas, que otras formas vegetales no tolerarían, ya que permanecen en estado de vida latente.

Por esta razón, para garantizar la disponibilidad de granos y semillas en la cantidad, así como con la oportunidad y calidad requeridas para los distintos mercados, es necesario recurrir a su almacenamiento y conservación.

POR CONSERVAR SE ENTIENDE: MANTENER O CUIDAR LA DURACIÓN DE UNA COSA O GUARDAR CUIDADOSAMENTE UNA COSA, PRESERVAR EL DETERIORO, “MANTENER EL VALOR NUTRITIVO Y ECONÓMICO, CON EL MÍNIMO COSTO”.

Luego de la cosecha, el hombre crea una masa de grano (artificial) y en ella encuentran abrigo las plagas y es en donde se agudizan los problemas de reabsorción de humedad. Muchos son los factores que afectan en la post-cosecha, éstos se tratarán en la primera parte del curso y en la segunda se hará hincapié en las prácticas de manejo para una mejor CONSERVACIÓN de granos.

LA NORMA BÁSICA ES MANTENER EL GRANO: SANO, SECO, LIMPIO Y CON BAJA TEMPERATURA.

- **SANO:** grano íntegro y sin plagas.
- **SECO:** con niveles de humedad lo suficientemente bajos como para no favorecer a los microorganismos o al incremento de temperatura.
- **LIMPIO:** con la menor cantidad de impurezas y contaminantes según tolerancias.
- **BAJA TEMPERATURA:** para disminuir el ritmo o intensidad de los procesos de deterioro y el desarrollo de las plagas.

Esta norma elemental no se cumple en la medida necesaria por lo que se producen importantes pérdidas y deterioros. Organismos internacionales estiman 1-2% de pérdida en países desarrollados y 20-30% para los subdesarrollados. La Argentina por su carácter agro-exportador posee un aceptable nivel técnico, pero graves falencias de infraestructuras y falta de personal idóneo.

Los mayores problemas de conservación se presentan en las zonas de agricultura de subsistencia y sobre todo en las más cercanas a los trópicos. En nuestro país, el NOA, NEA, y zonas de Córdoba presentan los mayores problemas de almacenamiento.

LA PRODUCCIÓN DE GRANOS:

La producción de granos se caracteriza por 3 aspectos:

- **Proviene de cultivos anuales:** se producen permanentes variaciones de superficie sembrada en campañas sucesivas.
- **Es estacional:** entre la segunda quincena de noviembre y la segunda de junio, prácticamente se realiza el 100% de la cosecha. En las zonas de doble cosecha (fina-gruesa) el panorama es más complicado.
- **Resulta de cultivos extensivos:** está expuesta a factores ecológicos, climáticos, que son por naturaleza cambiantes e inmanejables y afectan en gran manera los rindes.

La estacionalidad y aleatoriedad de la producción, obliga al almacenamiento para satisfacer la demanda interna y los compromisos de exportación.

El manejo de los granos en la post-cosecha, es un eslabón de primordial importancia si consideramos que la producción es una creación de utilidad.

El MANEJO y la CONSERVACIÓN es una etapa más de la producción ya que brinda:

- Utilidad de lugar (dado por el transporte).
- Utilidad de tiempo (dado por el almacenaje).
- Utilidad de forma (dado por el acondicionamiento y la formación de partidas de acuerdo a las normas de Comercialización).

Muchos esfuerzos económicos y tecnológicos implica la producción de un grano, por lo que el deterioro o pérdida del mismo cuando ya está en nuestro poder es un hecho totalmente inadmisibles; en la post-cosecha se debe cuidar el fruto de todos los esfuerzos que la antecedieron.



Hasta hace 10 años sólo se pensaba en incorporar tecnología al campo o en incorporar nuevas tierras a la producción. Hoy estamos persuadidos de que con mucho menor esfuerzo se pueden obtener resultados muy interesantes en el perfeccionamiento de los sistemas de manejo y conservación. El nivel tecnológico de las prácticas de secado, aireación, fumigación, etc están directamente relacionados con el nivel de pérdidas, pero no sólo se debe medir la eficiencia por las pérdidas sino también por los gastos que requiere el manejo de los granos.

EL GRANEL: FACTORES QUE AFECTAN LA CONSERVACIÓN

El conjunto de granos está compuesto por elementos vivos inertes en equilibrio estable y en permanente evolución. Entre los componentes BIÓTICOS donde encontramos a los granos mismos, microorganismos (hongos, bacterias, levaduras), insectos, ácaros, roedores, etc. En algunos casos es imprescindible que el grano sea viable, pero siempre es recomendable que el resto de los componentes bióticos no estén presentes o al menos no se desarrollen. Entre los componentes ABIÓTICOS encontramos la temperatura, humedad, elementos inertes (piedras, terrones, pedazos de insectos, excrementos, polvillo proveniente del propio grano, etc.

VARIABLES MÁS IMPORTANTES DE LA POST-COSECHA

Las siguientes variables están en permanente interacción, afectándose mutuamente. El análisis de un granel se debe realizar en forma parcial, en donde se deben integrar todos los aspectos.

VARIABLES MÁS IMPORTANTES DE LAS POS-COSECHA	
FÍSICAS	DEL MEDIO
	Temperatura, Humedad, Condiciones de Cosecha, Acondicionamiento y Manipuleo.
	DE LOS GRANOS
	Porosidad, Fluidez, Segregación, Porción, Propiedades Termo Físicas.
QUÍMICAS	DEL MEDIO
	Composición de la atmósfera intergranaria.
	DE LOS GRANOS
	Composición característica de los granos.
BIOLÓGICAS	DEL MEDIO
	Insectos, Ácaros, Microorganismos, Roedores, Aves, el Hombre.
	DE LOS GRANOS
	Respiración, Longevidad, Brotación, Madurez Postcosecha.

Si las variables coadyuvan (contribuyen) al deterioro, se puede producir:

- Pérdida de poder germinativo.
- Pérdida de energía germinativa.
- Disminución de peso.
- Contaminación con excretas y plaguicidas.
- Incremento de impurezas.
- Incremento de acidez.
- Fermentación.
- Aparición de toxicidad.
- Incremento de temperatura y humedad.
- Disminución del valor comercial.



VARIABLES FÍSICAS

DEL MEDIO:

- **Temperatura:**

La temperatura, es la medida de calor de los cuerpos, afecta directa o indirectamente a todas las variables.

La temperatura tiene una influencia directa sobre el proceso respiratorio de los granos, ellos como todo organismo, respiran para mantenerse vivos.

Los granos sanos presentan tasas de respiración menores que aquellos que sufren daños.

Los granos almacenados tienen menor posibilidad de deterioro cuando están fríos. Las bajas temperaturas pueden compensar los efectos de un alto contenido de humedad y evitar el desarrollo de microorganismos, insectos y ácaros que atacan los granos almacenados.

La liberación de dióxido de carbono aumenta notablemente a medida que la temperatura se eleva hasta 40°C, pero a 45°C la tasa respiratoria cae por inactivación de enzimas.

Respiración de semillas de soja medida en MG de CO₂/24 hs, almacenada con humedad de 18.5 % y con renovación del aire en la masa de granos.



Temperatura (°C)	Respiración (mg CO ₂ 24 hs-1)
25	33.5
30	39.7
35	71.8
40	154.7
45	13.1

Cuanto mayor sea la temperatura más rápido es el proceso de deterioro. Ella puede utilizarse como elemento diagnóstico de alteraciones ya que todo deterioro es acompañado por la liberación de calor y el aumento de temperatura.

La alta temperatura es EFECTO y, también puede ser CAUSA de alteraciones: Ejemplo: Cuando se cosecha en días de alta temperatura o se saca de la secadora luego sin el enfriamiento suficiente, tendremos principios de deterioro si no enfriamos inmediatamente.

El grano es MAL CONDUCTOR DEL CALOR por lo que tienden a formarse focos de mayor temperatura. No sólo se debe tener en cuenta la temperatura excesiva sino también su DESUNIFORMIDAD, ya que si en el granel existen zonas frías y calientes, el calor y la humedad se movilizarán (migración de humedad) creando problemas aún mayores.

- Las implicancias prácticas de esta variable son:

- Los insectos no generan problemas con menos de 15° C.
- Los ácaros no generan problemas con menos de 5° C.

- A menor temperatura tenemos en general:

- Menor problema en el desarrollo de hongos.
- Menor respiración de los granos.
- Menor degradación de gorgojicidas residuales, etc.

Esta variable posee una gran utilidad ya que en su interacción con las restantes ejerce una fuerte acción.

Con la aireación, el trasile, la refrigeración, se busca llevar la temperatura a niveles que permitan una buena conservación.

• **Humedad:**

Esta es otra variable primaria que afecta la conservación. Ella limita el desarrollo de los factores bióticos, todos en mayor o menor medida aparecen y se expresan en función de los niveles de humedad. Se debe considerar que la humedad de la atmósfera intergranaria y la del grano están en permanente interacción, en búsqueda de un equilibrio.

Lo variable es la cantidad de vapor que puede contener, de ahí que la HR sea variable, aun manteniendo la misma humedad absoluta. Para medir la variación de la HR. se puede utilizar el PSICROMETRO o un HIGRÓMETRO.



Los granos contienen en su composición química materia seca cuyos componentes principales varían según se trata de cereales o de oleaginosas; y agua en distintas proporciones que dependen del momento de cosecha, de las prácticas de manejo post-cosecha y de la especie.

Se define como la cantidad de agua contenida en los granos, por unidad de masa del grano. Es por lo tanto el factor más importante en el almacenaje. Una partida de granos almacenada con humedad dentro del rango establecido como seguro, y uniformemente distribuida en toda su masa, no es garantía de que no vaya a producirse deterioro. Esto es así dado que el aire que está en equilibrio con los granos puede sufrir movimientos y cambios de temperatura que modifican su humedad relativa. De esta manera se modifica el equilibrio aire-grano, estando dentro de las posibilidades que este se humedezca.

Los efectos producidos por cambios atmosféricos en la temperatura de las paredes de los sitios de almacenaje, y el calor producido por el desarrollo por focos de insectos, son causas frecuentes de gradientes térmicos que resultan en la traslocación de humedad y luego en el concomitante deterioro de los granos.

Curva de equilibrio:

Los hongos, bacterias, etc., siempre presentes en el granel y principales agentes del deterioro, pueden limitarse manejando adecuadamente la humedad.

El aire está compuesto por una serie de gases (oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono, vapor de agua, etc.) todos en una proporción más o menos constante, salvo el vapor de agua. La humedad del aire es sumamente variable por lo que para conocerla se recurre a la medición de la misma. Se define a la humedad relativa (HR) como la relación entre la cantidad de humedad que contiene el aire y la cantidad de humedad que podría contener si estuviese saturado a la misma temperatura.

Para una determinada temperatura, existe una cantidad de vapor de agua que la satura. A mayor temperatura mayor es ésta humedad de saturación.

Temperatura del aire	Cantidad de vapor de agua de saturación (gr/m3)
0°C	3,788
10°C	7,658
20°C	14,75
40°C	49,1
60°C	153,4
80°C	551,9
90°C	1416

Lo variable es la cantidad de vapor que puede contener, de ahí que la HR sea variable, aumentando la misma humedad absoluta. Para medir la variación de la HR. Se puede utilizar el PS CROMETRO o el HIGRÓMETRO.

El grano puede tomar o ceder agua en forma de vapor del medio que lo rodea, es un material HIGROSCÓPICO.

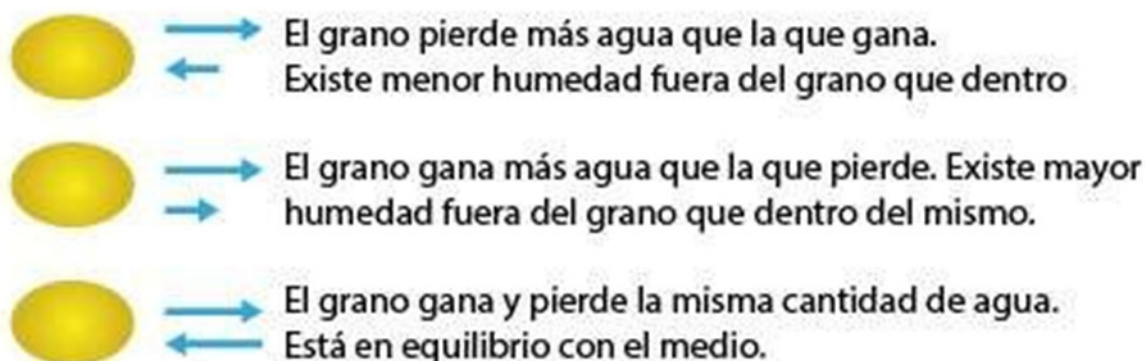


El agua en el grano puede ser de cuatro tipos:

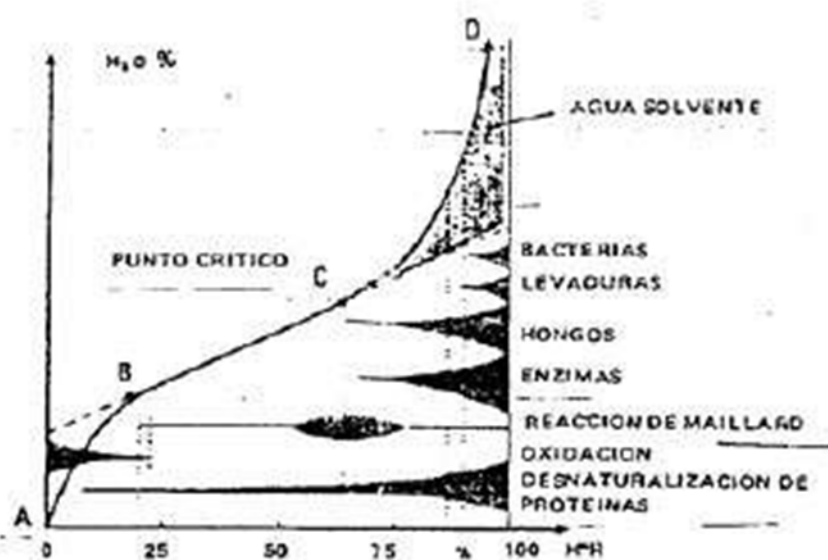
- Superficial (rodea al grano, se ubica en el pericarpio o el tegumento).
- Capilar (se ubica en pequeños capilares en el interior).
- Interna (rodea las partículas del grano).
- De constitución (vinculada químicamente).

El agua superficial y capilar constituyen el AGUA LIBRE que es la que está en relación con el agua del medio y disponible para los proceso de deterioro.

El grano en relación con el medio puede encontrarse en tres situaciones:



Analicemos ahora la curva de equilibrio higroscópico:



Estas curvas se denominan ISOTERMAS ya que de determinan a temperatura constante.

Su forma es la de una sigmoide, con tres partes bien definidas, según los mecanismos de retención de agua:

A-B: agua fuertemente fijada (H.R. entre 0 y 20% de): El agua se retiene por puentes de hidrógeno.

B-C: comienza el llenado de capilares (en general la H.R entre 20 y 70%): Corresponde a la fijación de agua en capas superpuestas por puentes de hidrógeno no muy fuertes.

C-D: aparición de agua solvente: Los fenómenos de alteración pueden ser graves. La H-R es mayor de 65%, se trata del llenado de poros.

Cuando el grano está saturado de agua, el 100% de ésta no está disponible, sólo una parte está más o menos libre. La humedad de la tercera parte de la curva es lo suficientemente móvil como para participar de las reacciones deletéreas.

Para la conservación se debe disminuir el agua libre.

Contenido de humedad de equilibrio:

El concepto de contenido de humedad de equilibrio es esencial en el estudio del secado de granos. Los granos de cereales son HIGROCÓPICOS y ganan o pierden humedad dependiendo de la presión de vapor del grano en relación con la presión de vapor de aire o cualquier otro material en contacto con el grano. El contenido de humedad de los granos y semillas depende del contenido de humedad que posee la atmósfera que lo rodea, es decir, existe un equilibrio dinámico entre el contenido de humedad de los granos y la humedad relativa ambiente.

El contenido de aceite de las semillas de oleaginosas también afecta al contenido de humedad de equilibrio, ya que el aceite es HIDROFÓBICO, por lo tanto, a una determinada temperatura, los granos de oleaginosas equilibran a humedades relativas más altas que los granos sin aceites. Por ejemplo, el almacenamiento de soja debería realizarse con humedad del grano 1-2% menor que la mayoría de los granos de los cereales debido a que contiene un porcentaje más alto de aceite.

El máximo contenido de humedad permisible para el almacenaje seguro de los granos depende casi exclusivamente de sus propiedades HIGROSCÓPICAS.

El manejo de la humedad es sumamente problemático ya que posee grandes implicancias técnicas y comerciales.

Es necesario tener presente cuatro conceptos fundamentales:

- 1.** La humedad del granel por lo general no es uniforme.
- 2.** Se debe realizar un seguimiento de la humedad en el espacio y en el tiempo, ya que la misma no permanece estable.
- 3.** No se puede medir con precisión la humedad del grano con los métodos de rutina. El método de referencia para medir la Humedad es la Estufa de Circulación de Aire Forzada.
- 4.** Los medidores deben ser calibrados periódicamente. A nivel comercial, como método práctico los humidímetros son muy empleados debido a la rapidez en la obtención del resultado, al utilizarlos hay que tener una serie de consideraciones:



CONSIDERACIONES PARA EL USO DEL HUMEDÍMETRO	
FACTORES A TENER EN CUENTA	MODO CORRECTO DE PROCEDER
MUESTRA DE GRANOS REPRESENTATIVA	Para asegurarse de que el contenido de la humedad refleje con exactitud el contenido de humedad de todo el lote, la muestra debe ser representativa. Se recomienda adicionalmente que la muestra no contenga demasiada materia extraña, porque esto introduce error en la lectura de la humedad.
USO CORRECTO DEL MEDIDOR	Se recomienda seguir exactamente las instrucciones del fabricante al momento de utilizar el medidor de humedad.
CALIBRACIÓN ADECUADA DEL INSTRUMENTO	Se debe realizar calibraciones periódicas del medidor de humedad en los fabricantes.
TEMPERATURA DE LA MUESTRA DE GRANO	Temperaturas de la muestra muy altas (superiores a 33°C) o muy bajas conducen a errores de medición. Por lo tanto, se debe tener en cuenta: - Si la muestra está muy caliente (ej: a la salida de la secadora) es necesario enfriarla. Esto puede hacerse lentamente en un recipiente hermético o bien rápidamente en un recipiente abierto. - Si la muestra está muy fría, se la debe dejar equilibrar en un contenedor hermético a temperatura ambiente antes de medir.
RANGO DE MEDICIÓN DE HUMEDAD	Cerca de humedad de recibo es donde son más precisos los medidores de humedad. A humedades de granos muy bajas o muy altas, es menor la precisión de la medición.

Los operarios encargados de medir la humedad deben estar capacitados en el uso del instrumento y en los cuidados que requiera la técnica para obtener resultados.

¿Por qué es importante la humedad relativa del espacio intergranario?

La respuesta es que la humedad relativa del espacio intergranario será la que determinará en gran medida si los hongos del almacenamiento pueden desarrollarse o no en el granel, dado que estos organismos necesitan un mínimo de humedad relativa para crecer. Como regla general, cuando la humedad relativa del espacio intergranario es inferior al 67% la mayoría de los hongos del almacenaje no pueden sobrevivir en la masa de granos. A este valor de humedad relativa se lo denomina "Humedad Relativa de Almacenamiento Seguro". El valor específico de la Humedad Relativa de Almacenamiento Seguro surge de la siguiente tabla, en la que se muestran las humedades relativas mínimas que necesitan los principales hongos del almacenamiento para crecer (además del rango de temperaturas en el que pueden sobrevivir). En rigor, algunas especies de hongos (*Aspergillus restrictus* y *Aspergillus glaucus*) son capaces de germinar recién por encima del 71-72% de humedad relativa, pero se fija el valor de Humedad Relativa de Almacenamiento Seguro en 67% para dejar un margen de seguridad.



Condiciones de humedad relativa para germinar y temperaturas mínimas , máximas y óptimas para el desarrollo de las especies de hongos mas importantes del almacenamiento				
Hongo	Humedad Mínima para Germinar (%)	Temperatura de crecimiento		
		Mínima	Óptima	Máxima
Alternaria sp	91	-3	20	36_40
Aspergillus candidus	75	0	28	44
Aspergillus flavus	82	6_8	36_38	44_46
Aspergillus fumigatus	82	12	37_40	50
Aspergillus glaucus	72	8	25	38
Aspergillus restrictus	71_72	-	-	-
Cephalosporium acremonium	97	8	25	40
Epicoccum sp	91	-3	25	28
Fusarium Maniliforme	91	4	28	36
Fusarium Graminearum	94	4	25	32
Mucor sp	91	-3	28	36
Nigrospora oryzae	91	4	28	32
Penicillium funiculosum	91	8	30	36
Penicillium oxalicum	86	8	30	36
Penicillium brevicompactum	81	-2	23	30
Penicillium cycloplum	81	-2	23	30
Penicillium viridicatum	81	-2	23	36

CUADRO 1: Contenido de humedad de equilibrio del maíz (%):

Humedad Relativa (%)													
Temperatura (°C)	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	9,9	10,6	11,2	11,8	12,5	13,1	13,8	14,6	15,4	16,3	17,3	18,6	20,3
12	9,7	10,3	11	11,6	12,3	12,9	13,6	14,4	15,2	16,1	17,1	18,4	20
14	9,4	10,1	10,7	11,4	12	12,7	13,4	14,2	15	15,9	16,9	18,2	19
16	9,2	9,9	10,5	11,2	11,8	12,5	13,2	14	14,8	15,7	16,7	18	19,7
18	9	9,7	10,3	11	11,6	12,3	13	13,8	14,6	15,5	16,6	17,9	19,5
20	8,8	9,5	10,1	10,8	11,5	12,1	12,8	13,6	14,4	15,3	16,4	17,7	19,4
22	8,6	9,3	10	10,6	11,3	12	12,7	13,4	14,3	15,2	16,2	17,5	19,2
24	8,5	9,1	9,8	10,4	11,1	11,8	12,5	13,3	14,1	15	16,1	17,4	19,1
26	8,3	8,9	9,6	10,3	10,9	11,6	12,3	13,1	13,9	14,9	15,9	17,2	19
28	8,1	8,8	9,4	10,1	10,8	11,5	12,2	12,9	13,8	14,7	15,8	17,1	18,8
30	7,9	8,6	9,3	9,9	10,6	11,3	11,3	12,8	13,6	14,6	15,6	17	18,7
32	7,8	8,4	9,1	9,8	10,5	11,1	11,9	12,6	13,5	14,4	14,5	16,8	18,6

CUADRO 2: Contenido de humedad de equilibrio del soja (%):

Humedad Relativa (%)													
Temperatura (°C)	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	6,1	7	7,8	8,6	9,5	10,3	11,2	12,2	13,2	14,4	15,7	17,3	19,4
12	6	6,9	7,7	8,5	9,4	10,2	11,1	12,1	13,1	14,3	15,6	17,2	19,3
14	5,9	6,7	7,6	8,4	9,3	10,1	11	12	13	14,2	15,5	17,1	19,2
16	5,8	6,6	7,5	8,3	9,2	10	10,9	11,9	12,9	14,1	15,4	17	19,1
18	5,7	6,5	7,4	8,2	9,1	9,9	10,8	11,8	12,8	14	15,3	16,9	19
20	5,6	6,4	7,3	8,1	9	9,8	10,7	11,7	12,8	13,9	15,2	16,9	19
22	5,4	6,3	7,2	8	8,9	9,7	10,7	11,6	12,7	13,8	15,2	16,8	18,9
24	5,3	6,2	7,1	7,9	8,8	9,6	10,6	11,5	12,6	13,7	15,1	16,7	18,8
26	5,2	6,1	7	7,8	8,7	9,6	10,5	11,4	12,5	13,7	15	16,6	18,7
28	5,1	6	6,9	7,7	8,6	9,5	10,4	11,3	12,4	13,6	14,9	16,5	18,7
30	5	5,9	6,8	7,6	8,5	9,4	10,3	11,3	12,3	13,5	14,8	16,5	18,6
32	4,9	5,8	6,7	7,5	8,4	9,3	10,2	11,2	12,2	13,4	14,8	16,4	18,5

CUADRO 3: Contenido de humedad de equilibrio del trigo (%):

Humedad Relativa (%)													
Temperatura (°C)	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	10,1	10,7	11,3	11,9	12,6	13,2	13,9	14,6	15,3	16,2	17,2	18,4	20
12	9,9	10,6	11,2	11,8	12,4	13,1	13,7	14,4	15,2	16,1	17,1	18,3	20,9
14	9,8	10,4	11	11,7	12,3	12,9	13,6	14,3	15,1	16	17	18,2	19,8
16	9,7	10,3	10,9	11,5	12,1	12,8	13,5	14,2	15	15,8	16,8	18,1	19,7
18	9,5	10,1	10,8	11,4	12	12,7	13,3	14,1	14,8	15,7	16,7	18	19,6
20	9,4	10	10,6	11,3	11,9	12,5	13,2	13,9	14,7	15,6	16,6	17,8	19,4
22	9,3	9,9	10,5	11,1	11,8	12,4	13,1	13,8	14,6	15,5	16,5	17,7	19,4
24	9,1	9,8	10,4	11	11,6	12,3	13	13,7	14,5	15,4	16,4	17,6	19,3
26	9	9,6	10,3	10,9	11,5	12,2	12,9	13,6	14,4	15,3	16,3	17,5	19,2
28	8,9	9,5	10,2	10,8	11,4	12,1	12,8	13,5	14,3	15,2	16,2	17,4	19,1
30	8,8	9,4	10	10,7	11,3	12	12,6	13,4	14,2	15,1	16,1	17,4	19
32	8,6	9,3	9,9	10,6	11,2	11,9	12,5	13,3	14,1	15	16	17,2	18,9



• Condiciones de Cosecha, Acondicionamiento y Manipuleo:

Antes de la cosecha existen variables que afectan en la post-cosecha como por ej: pureza de la semilla, control de malezas, insectos y enfermedades, condiciones climáticas en el momento de llenado de grano etc. En la cosecha, así como en el acondicionamiento y manipuleo se suele tratar agresivamente al grano provocando daños mecánicos que afectan al manejo y a la conservación.

EL TEGUMENTO o PERICARPIO del grano posee importantes funciones ya que protege a las estructuras internas contra choques y otros efectos abrasivos además sirve de barreta a la entrada de microorganismos y al ataque de algunos insectos; también actúa en la regulación del intercambio gaseoso y de humedad y en algunos casos regula la germinación.

Debemos tratar de hacer el mínimo daño mecánico ya que los granos afectados:

- Respiran más intensamente.
- Captan con mayor facilidad la humedad del medio.
- Facilitan el desarrollo de microorganismos y la multiplicación de los insectos

En las cosechadoras la regulación más importantes a tener en cuenta son:

- Velocidad del cilindro.
- Luz del cilindro cóncavo.
- Velocidad de corte.
- Velocidad del molinete.

Los transportadores o tornillos o helicoidales suelen ser agresivos en el manipuleo ya que se producen una serie de fricciones entre los granos y entre estos y el transportador; la inadecuada separación entre el tornillo y la camisa puede ser causa de rotura. Estos implementos normalmente son utilizados para movimientos inclinados, lo recomendable es hacerlos funcionar con carga total, lentamente y darles en el diseño el mayor diámetro posible.

El redler o sin fin de cadenas es en general menos agresivo. En las plantas normalmente se los utiliza para movimientos horizontales, aunque puede dársele una pequeña inclinación (elevación).

En la cinta las fricciones se minimizan. Estos elementos se utilizan para movilizar grandes volúmenes en largas distancias horizontales.

Los conductos por gravedad, son comunes en todas las plantas de acopio, pero en su diseño se debe tener en cuenta el tipo de grano y su humedad, ya que esto está directamente relacionado a la inclinación necesaria, si la misma es excesiva el grano logrará velocidad y alta fuerza de choque.

Existe una velocidad máxima que no es conveniente superar, la misma está dada por el tipo y humedad del grano y directamente relacionado a la inclinación o ángulo de caída del mismo.

Los ángulos de caída máxima son:

- 35° granos secos excepto girasol.
- 45° granos húmedos y girasol seco.
- 60° girasol húmedo.



Si por la disposición de las norias y silos se hacen necesarias grandes inclinaciones de los conductos, se deben colocar amortiguadores de caída. Estos reducen velocidad y fuerza de choque, se debe tratar que choque grano contra grano y no contra superficies duras. También se deben considerar las ventajas y los inconvenientes del manejo y almacenamiento de cereales en bolsas y a granel.

Aspectos del almacenamiento	En bolsas	A granel
Costo	Menos gastos generales, puesto que son más los tipos de edificios a los que se puede utilizar o convertir. Costos más altos de mantenimiento para el manejo (mano de obra y bolsas), salvo en pequeñas cantidades.	Costos más altos de capital, por necesitar de instalaciones específicas y maquinaria para el manejo. Costos más bajos de manejo, en especial respecto a grandes cantidades; no se necesitan bolsas.
Supervisión	Los aspectos elementales, en especial la higiene, reclaman atención constante.	Los aspectos elementales reclaman menos atención constante si, inicialmente, el grano se encontraba en buen estado. De todos modos se necesita una mayor experiencia técnica.
Versatilidad	Más versátil, en especial para productos básicos distintos puesto que es más fácil mantener separadas las distintas consignaciones.	Menos versátil; no es fácil separar productos básicos o consignaciones diferentes si no se cuenta con instalaciones complejas.
Piso de almacén	En pisos que no sean impermeables, pueden utilizarse tablas de estiba.	Ha de estar impermeabilizado o ha de ser de construcción elevada, o bien el nivel de sus aguas freáticas ha de ser muy bajo.
Migración de agua	Generalmente no es problema, salvo cuando se tienen las pilas cubiertas con un toldo protector de plástico.	Es más común y reclama la instalación de equipo de ventilación a presión o instalaciones de trasile.
Contenido de humedad	Los cambios superficiales pueden ser extensos y se hace difícil el secado en el depósito. Es poco probable que cause problemas si el grano estaba inicialmente seco y en buen estado.	Los cambios superficiales son menos extensos y el secado en el depósito es relativamente fácil, si el depósito se ha proyectado para su ventilación en el propio lugar. La extracción para el secado a máquina será también más fácil y menos costosa.
Lucha contra insectos	Más difícil y costosa	Generalmente más fácil y menos costosa en todas sus fases; en potencia, más eficaz, en especial si los silos o tolvas están debidamente armados.
Derrame	Pérdidas mas elevadas, en especial si hay roedores presentes.	Menores pérdidas si se la maneja bien.

Cuando se requiere gran clasificación Ej.: arroz, poroto, maní, se prefiere la utilización de bolsas. El depósito debe reunir una serie de características:

1. Solidez.
2. Impermeabilidad.
3. Facilidad para el muestreo y el seguimiento de la calidad.

Dentro del manejo que recibe el grano, el proceso de secado violento, es el que más puede afectar la calidad. Si bien la fragilización es el principal daño, también se produce decoloración, pérdida de valor industrial.

DE LOS GRANOS:

• **Porocidad:**

Los granos son partículas granulares, independientes y en una masa definen un volumen de aire intersticial de gran importancia. Normalmente este porcentaje de aire intergranular se denomina POROSIDAD y es del orden del 35-40%. Esta estructura permite mover aire a través de ellos y por lo tanto:

- La porosidad permite mover aire (a través de la aireación) a través de los granos permitiendo eliminar calor y humedad excesiva, así también lograr modificar la atmosfera intergranaria.
- También permite la segregación(separación natural que sufren los componentes naturales del granel, es decir materia extraña liviana y pesada)
- Granos grandes, esféricos, secos, limpios y recientemente almacenados tendrán mayor porosidad. Ejemplo el grano de soja, maíz, poroto a comparación de un grano de trigo, mijo, alpiste etc.

La porosidad es afectada por:

- Tamaño, forma y características de la superficie de los granos.
- Cantidad y tipo de materias extrañas e impurezas.
- Compactación, (depende de la humedad, el tiempo y el peso)

POROSIDAD 1- PS/PV

PS = peso específico (representa el peso del grano y del aire de un volumen)

PV = peso volumétrico (representa el peso del mismo volumen ocupado sólo por grano). Peso específico a la relación entre el peso de una sustancia y su volumen.

Peso de aire + Peso del grano

Peso volumétrico: seria el peso del mismo volumen ocupado sólo por grano (sin aire, es decir comprimido).

Peso del grano:

EJEMPLO:

$$PESO\ DEL\ AIRE + PESO\ DE\ GRANO = 20\ PESO\ DEL\ GRANO = 15$$

$$\frac{20}{15} = 1.33$$

Esta propiedad es importante ya que afecta el resultado de la aireación y el movimiento natural del aire, calor y humedad.

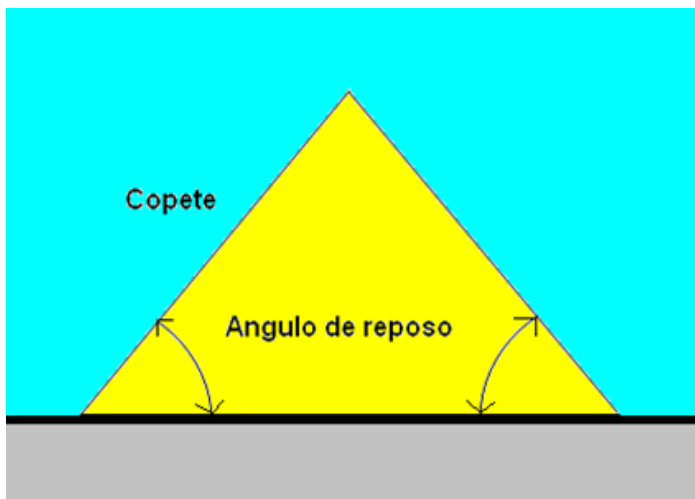


Entonces: Cuanto mayor sea la porosidad para una determinada masa más fácil será su conservación.

• **Fluidez:**

Se refiere a la calidad de movimiento de los granos. Esta característica resulta de gran importancia en el diseño de los techos, piso cónico de los silos, tuberías de descarga, siendo muy importante la inclinación de las mismas porque va a variar la fuerza con que llegue el grano a la superficie de descarga, sea sobre una tolva de recepción, en otros granos, secadora...es decir en su superficie de apoyo.

La fluidez depende de las fricciones entre los granos en movimiento y está directamente relacionada con el Angulo de reposo. Este se define como el Angulo de inclinación entre la base de apoyo y el cono creado por el grano a caer a velocidad cero es decir el que forma la caída del grano con la horizontal.



Entonces:

A mayor fluidez, menor Angulo de reposo

- Granos de mayor tamaño.
- Superficie lista.
- Secos (menor humedad)
- De forma esférica.
- Limpios (menor cantidad de impurezas, que hayan pasado por una zaranda o sistema de pre limpieza)

Ejemplo: los granos de soja son de gran fluidez no así el grano de girasol.

En la mayoría de las instalaciones para el manejo, acondicionamiento y conservación de los granos el diseño de las mismas se torna muy importante para evitar que se dañe el grano a medida que es transportado. En sistemas de descarga de granos libre como ser en superficie horizontales forma un cono cuya pendiente del cono variaría según el tipo y condiciones en que se encuentre el grano (húmedo o seco).



A mayor fluidez el grano requiere un ángulo de caída menor pronunciada (debido a su forma para evitar que se dañe y se desparrame por toda la superficie) y significara una menor capacidad estática en los depósitos y menor capacidad de transporte por cinta.

Transportadores Verticales e Inclinaados Descendentes.

- Funcionan por fuerza de gravedad, por lo que se deben respetar los siguientes ángulos (naturales) de caída de granos:

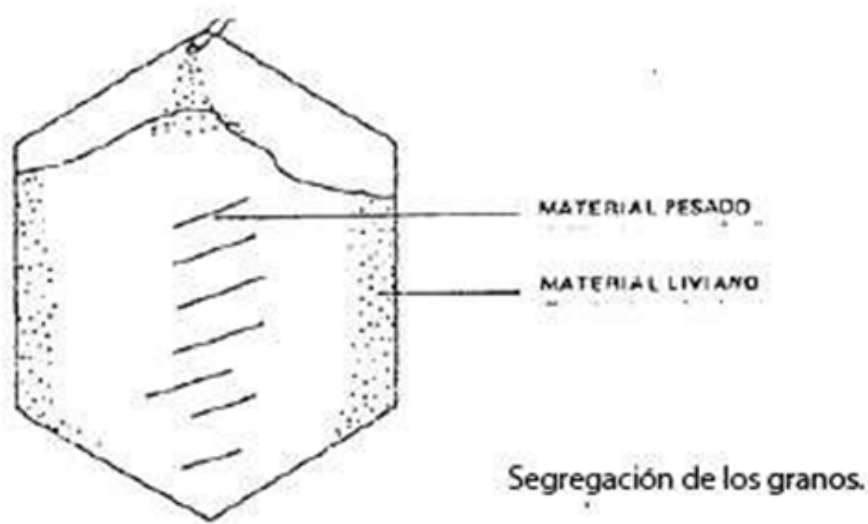
- 35° para todos los granos secos, excepto girasol.
- 45° para todos los granos húmedos y girasol seco.
- 60° para girasol húmedo.

Tubería de descarga deberá tener el Angulo de inclinación dependiendo del tipo de grano y de la fluidez que tenga.

• Segregación:

Se refiere a la separación natural de los componentes del granel durante el llenado del depósito. Sometidas a un mínimo movimiento las partículas responden de distintas maneras según sus dimensiones, pesos específicos, etc.

Los componentes más pesados caen verticalmente, el material liviano cae más lentamente y es arrastrado por las corrientes de aire hacia las paredes del depósito. El fenómeno de la segregación trae aparejada una distribución heterogénea de los componentes del granel.



Recordemos que el material más liviano, por lo general fino, afecta la porosidad y por lo tanto la ventilación del granel. El material liviano absorbe más humedad y está cargado de microorganismos por lo que la zona donde se acumula se convierte en una zona de peligro, sobre todo el costado donde se incrementa la humedad.

Los factores que afectan el fenómeno de segregación son:

- Ubicación de las bocas descarga.
- Heterogeneidad del granel.
- Forma del depósito.

• **Sorción:**

Se refiere a la retención de un gas por un sólido. Tres son los fenómenos que incluye:

1. Absorción: el gas penetra en las estructuras del grano

2. Adsorción: el gas es retenido sobre la superficie

3. Sorción química: el gas reacciona químicamente, esto es por naturaleza irreversible.

Los primeros 2 son fenómenos físicos reversibles. La liberación de las moléculas de gas se denomina DESORCIÓN.

La sorción afecta la concentración de las moléculas de gas. Este fenómeno fundamental para la búsqueda del equilibrio de la humedad del grano con el medio.

La sorción será mayor cuanto mayor sea la superficie del grano (granos más chicos) y cuanto menor sea la temperatura.

• **Propiedades Termofísicas:**

Estas propiedades se refieren al movimiento de humedad y calor en el granel. Incluidos:

- Conductividad térmica.
- Difusividad térmica.
- Conductividad húmeda Conductividad Térmica(C.T.).

Implica la capacidad para transferir o propagar calor. El grano posee una C.T. sumamente baja del orden de 0.0004 cal/cm/seg, es decir que tiene gran capacidad aislante.

El calor no se propaga con toda su intensidad por esta misma causa pequeñas fuentes de calor pueden provocar importantes incrementos de temperatura en focos bien localizados. Los grandes cambios de temperatura a lo largo del año se manifiestan como variaciones de menor magnitud.

Las variaciones de temperatura diarias prácticamente no afectan al granel.

Difusividad térmica (D.T.):

Se refiere a la velocidad con que se transmiten los cambios de temperatura.

La D.T. es baja, del orden de 0.0015 cm cúbicos/seg, por éste motivo los picos de temperatura exterior se muestran en la masa de granos trasladados en el tiempo.

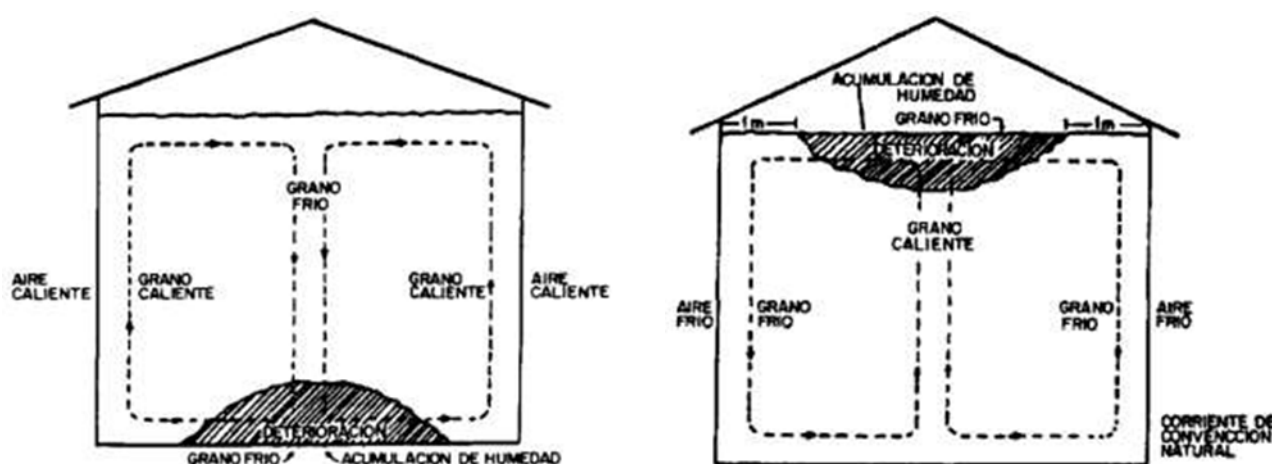


El tipo de depósito juega un papel importante en la transmisión del calor. Por ejemplo, en los silos subterráneos el intercambio de calor es sumamente lento, en los de chapa es más fácil.

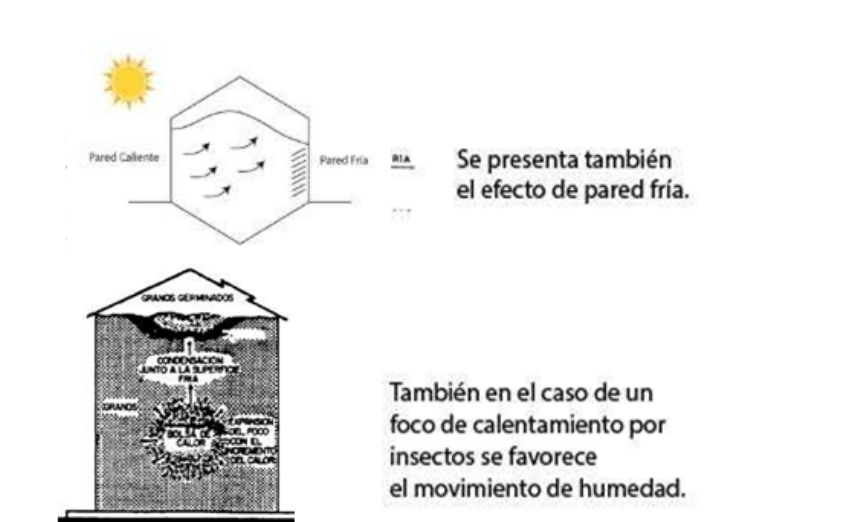
Conductividad Húmeda (C.H.)

Se refiere al movimiento de humedad en función de los gradientes de temperatura. El aire tiende a desplazarse de la zona caliente a la fría, también recordemos que el aire caliente es más liviano que el frío y además es capaz de transportar más agua en forma de vapor. A mayor diferencia de temperatura más importante es el movimiento de agua. Cuando el aire caliente llega a la zona fría, baja su temperatura, por lo cual disminuye su capacidad para transportar humedad y aumenta su humedad relativa, el grano de la zona fría en búsqueda del equilibrio sorbe humedad y si la temperatura es suficientemente baja, se pueden producir condensaciones sobre los granos o paredes.

La acumulación excesiva de humedad lleva a aumentar el ritmo respiratorio, fomentar el desarrollo de microorganismos y la brotación.



En el caso A la baja temperatura enfría el aire intergranario en contacto con el grano cercano a la pared del silo, el mismo por ser más pesado baja, el aire central más liviano sube, es empujado y lleva humedad hacia la parte superior. El vapor se condensa en el copete y el techo frío, provocando una zona de deterioro. El caso A es el más frecuente, el caso B se torna más importante en las zonas de alta temperatura.





VARIABLES QUÍMICAS

DEL MEDIO:

- **Atmósfera intergranaria:**

La variable más importante es la composición de la atmósfera intergranaria.

La provisión de oxígeno afecta al desarrollo de las plagas. Los ácaros, insectos, la mayoría de los hongos, requieren oxígeno libre. Se han practicado distintos sistemas para utilizar la baja concentración de oxígeno para ayudar a la conservación. En la construcción de depósitos herméticos lo que se busca es la disminución del oxígeno por el consumo y favorecer el almacenamiento prolongado.

En la actualidad se ha difundido la práctica de modificación de la atmósfera intergranaria por el reemplazo con gases como el nitrógeno. Estas prácticas pueden ser de una gran ayuda, sobretodo en almacenamientos prolongados y en depósitos herméticos.



DE LOS GRANOS:

El grano es materia orgánica, compuesto por hidratos de carbono (ej. Celulosa, almidón,) proteínas (incluyendo enzimas), lípidos, minerales, vitaminas y agua. Su almacenamiento depende del equilibrio entre sus componentes y las restantes variables físicas, y biológicas del medio.

• **Proteínas:**

Tanto las semillas como los microorganismos poseen un paquete enzimático capaz de degradar las proteínas a polipéptidos y éstos a aminoácidos. Esta degradación y pérdida de estructura lleva a una disminución de solubilidad y digestibilidad, como consecuencia aumentan los aminoácidos y disminuye el valor nutritivo. Estas variaciones se comprobaron sobre proteínas de trigo, maíz, y sorgo.

• **Hidratos De Carbono**

Entre las transformaciones más evidentes encontramos la disminución de azúcares no reductores (Ej. Sacarosa). También se produce la reducción del almidón. La degradación enzimática llega hasta compuestos simples como la glucosa. En la respiración las moléculas de glucosa se degradan a dióxido de carbono y agua. En ausencia de enzimas la glucosa se puede degradar produciendo etanol y dióxido de carbono.

• **Lípidos**

Las grasas y aceites se oxidan por acción de las enzimas hidrolíticas de los microorganismos se producen ácidos grasos. Cuando el grano se conserva en malas condiciones es notable el aumento de ácidos grasos y por lo tanto el descenso del pH (aumento de acidez).

La acidez es un índice valioso de la conservación, la misma aumenta por:

- Producción de ácidos grasos.
- Producción de fosfatos por la hidrólisis de la fitina.
- Producción de aminoácidos por hidrólisis de proteínas.

Otro cambio interesante es el aumento de permeabilidad de las membranas celulares, muy posiblemente debido a modificaciones de las proteínas. El agua del grano interacciona uniéndose a través de puentes hidrógeno.

Existe mucha mayor afinidad por los glúcidos y proteínas que por los lípidos, ya que estos últimos poseen mucha menor cantidad de puntos donde se puede unir la molécula de agua.

Las diferentes partes del grano tienen distinta absorción y por lo tanto la distribución de humedad en el grano no es homogénea.



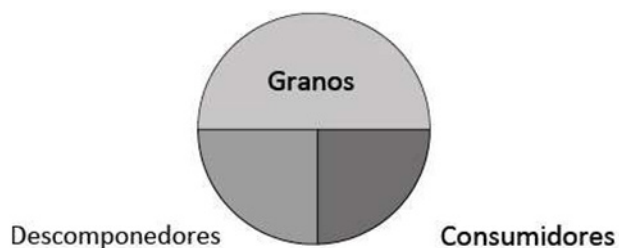
VARIABLES BIOLÓGICAS

DEL MEDIO:

- A los organismos vivos los podemos dividir en tres grupos:

1. Productores.
2. Consumidores.
3. Descomponedores.

En el granel los productores están representados por los granos, los consumidores son los artrópodos (insectos, ácaros), y Vertebrados (pájaros, roedores), y los descomponedores son los hongos, bacterias, levaduras, etc.



En el manejo de post-cosecha debemos manejar las variables humedad y temperatura, de manera

de mantener a los granos y descomponedores en estado de vida latente, así mismo los consumidores deberían estar ausentes de manera de favorecer la conservación.

DE LOS GRANOS:

• **Longevidad:**

Se mencionó que siempre es conveniente y en algunos casos imprescindibles mantener el grano con vida. Las teorías tendientes a explicar la muerte de los granos se dividen en aquellas que definen las causas debidas a:

1. Factores intrínsecos: Adjudican la muerte a problemas metabólicos, (degradación de proteínas, destrucción de núcleos celulares, pérdida de permeabilidad de membranas celulares, etc.)

2. Factores extrínsecos: Adjudican la pérdida de viabilidad a los microorganismos y la interacción de la temperatura y la humedad.

Un grano vivo es menos susceptible al ataque de los microorganismos, a la vez que mantiene aceptablemente las propiedades que deseamos conservar.

• **Respiración:**

Se denomina así a la oxidación que se produce sobre las moléculas. La misma puede darse en presencia de oxígeno (aerobia) o en ausencia del mismo (anaerobia), en éste último caso se denomina fermentación. El grano siempre está cargado de microorganismos, las condiciones que favorecen la respiración del grano son idénticas a las que favorecen a los microorganismos.

La respiración implica:

- Pérdida de peso.
- Ganancia de humedad.
- Incremento del dióxido de carbono y disminución de oxígeno.

Los factores que afectan la respiración son:

- 1-** Humedad.
- 2-** Temperatura.
- 3-** Concentración de gases.
- 4-** Historia del grano.

- El agua hidrata los tejidos del grano, favoreciendo una mayor difusión de gases, lo que acelera la respiración.

- El incremento de la respiración con la temperatura es más que proporcional, hasta un nivel en el cual se inactivan las enzimas o falta sustrato.



TRIGO (15 % de humedad)		SOJA (18,5% de humedad)	
TEMPERATURA (°C)	RESPIRACIÓN (mg de CO ₂)	TEMPERATURA (°C)	RESPIRACIÓN (mg de CO ₂)
4	0.2	25	33.6
25	0.4	30	39.7
35	1.3	35	71.8
45	6.6	40	157.7
55	31.7	45	13.1
65	15.7		
75	10.3		

- Cuando se limita la concentración de oxígeno se reduce el ritmo de respiración aerobia.
- No sólo afecta la especie sino también las condiciones en que creció y maduró el grano, la integridad de su estructura. Todo grano dañado tiene un mayor ritmo respiratorio, también influye el tamaño, la forma, variedad, etc. Ejemplo: el trigo blando tiene mayor ritmo respiratorio que el duro.

• **Madurez:**

Luego de la madurez fisiológica y antes de que el grano se estabilice en el almacenamiento se dan una serie de procesos que se denominan madurez post-cosecha, éstos involucran procesos de síntesis de azúcares, proteínas, y grasas. Si la respiración se ve acelerada, el grano no tendrá una adecuada madurez post-cosecha, lo que dificultará su conservación. Prácticamente podemos decir que un buen manejo del grano al principio del almacenamiento nos dará una mayor tranquilidad en la conservación.

• **Germinación - Brotación:**

El exceso de humedad lleva a que el grano se hinche (se hidrata) y luego el embrión retoma el crecimiento dando como resultado el grano brotado. Este fenómeno es común en el copete debido a la migración de humedad.

Para que el grano germine debe poseer un contenido de humedad que exceda el máximo posible para el equilibrio. (Ej. Más de 30-36%).

• **Calentamiento espontaneo:**

La respiración es la vía por la cual todos los seres vivos obtienen la energía necesaria para subsistir. Esto significa la degradación de grandes moléculas y producción de dióxido de carbono, agua, y calor. La respiración puede crear el medio adecuado para que se potencialice el deterioro, ya que la humedad y el calor aceleran los procesos deletéreos.

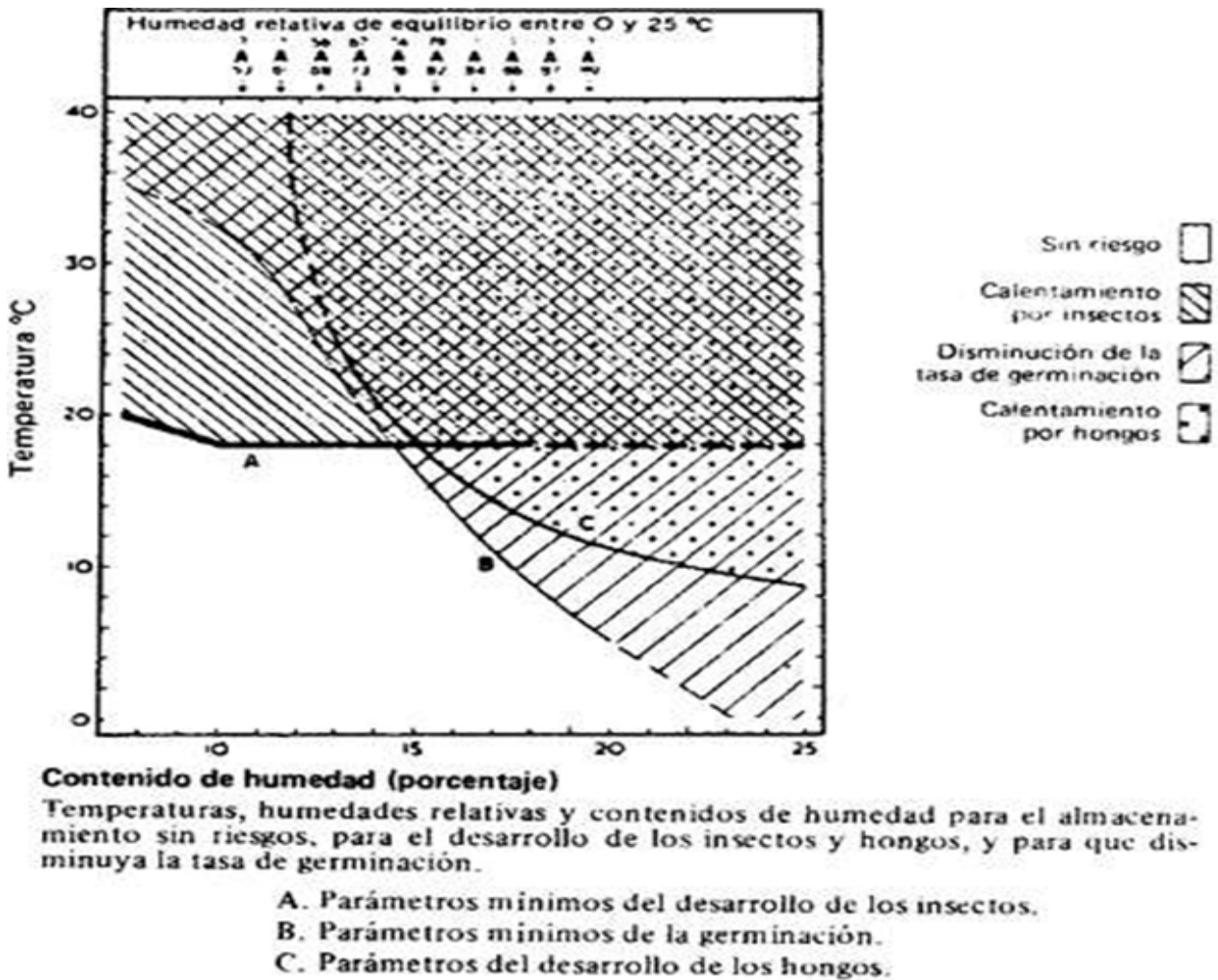
La respiración debe ser llevada a su mínima expresión, ya que significa la degradación de lo que pretendemos conservar y la creación de un medio inadecuado para mantener la calidad. Todo proceso respiratorio en el granel es pérdida de peso.



Debido a la mala conducción del calor, en el granel, el mismo se localiza alrededor de su fuente u origen generando un foco; también puede tratarse de un calentamiento generalizado.

En la próxima figura se observan las zonas de peligro en la conservación, en función de los parámetros temperatura y humedad.

Zona de conservación óptima:



¿Cuáles pueden ser las causas del calentamiento?

1. Temperatura.
2. Humedad- microorganismos.
3. Insectos.



1- TEMPERATURA:

Dos son las causas más comunes de alta temperatura al inicio del almacenamiento:

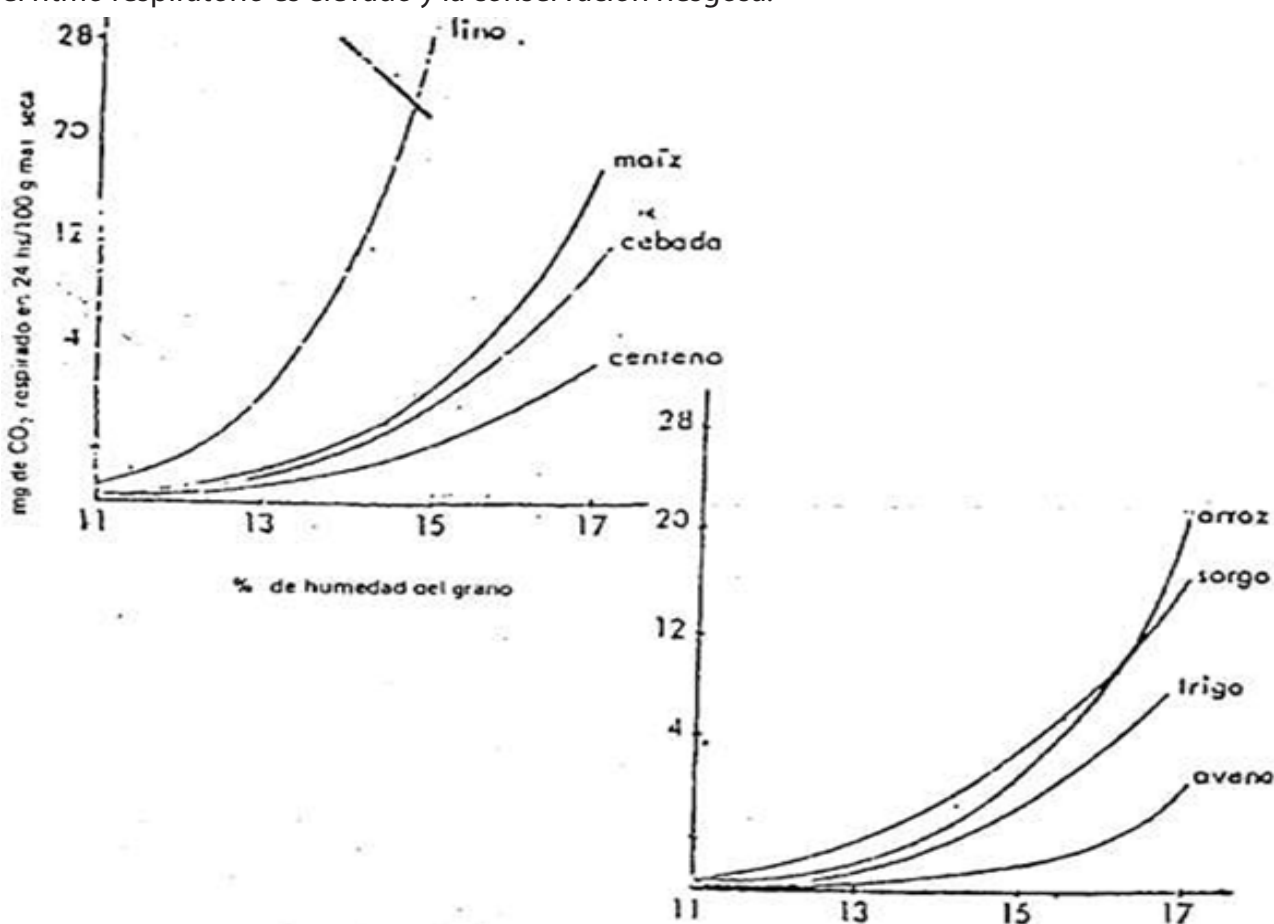
- Alta temperatura del grano en la cosecha (ej. Cosecha de trigo en Enero).
- Falta de enfriado luego del secado artificial.

Cualquiera sea la causa, cuando se almacena nos debemos preocupar por enfriar.

En general por encima de 40°-45° C, el grano tenderá a una descomposición rápida. Por supuesto que nunca se debe tener en cuenta una variable en forma aislada, también es importante atender el tipo de grano, la cantidad de dañados y de materias extrañas, la humedad, etc.

2- HUMEDAD – MICROORGANISMOS:

Debemos tener presente que existe un nivel de humedad denominada crítico, por encima del cual el ritmo respiratorio es elevado y la conservación riesgosa.



La figura nos muestra la respiración de distintos granos, al variar el porcentaje de humedad. Al aumentar el agua libre aumenta el peligro. Cada grano posee una humedad crítica característica para cada circunstancia.



Si la humedad está presente en forma uniforme en el granel, toda la masa se calienta. Por lo común corresponde a una tanda de la cosecha. También se debe tener presente los fenómenos de conductividad húmeda.

Los microorganismos provocan un calentamiento irregular y lento.

3- INSECTOS

Ya mencionamos que los insectos requieren más de 15°C para convertirse en problema para la conservación. Ellos desarrollan una gran actividad y por lo tanto producen mucho calor. Un grano de gorgojos produce miles de veces más calor que un gramo de maíz. El síntoma del ataque de insectos es un calentamiento relativamente rápido y siempre localizado.

Por lo visto podemos diferenciar dos tipos de focos de calentamiento espontáneo:

1. Húmedo: requiere de una H.R. en equilibrio mayor del 70% en el aire intergranario. Puede llegar a temperaturas muy elevadas como 55° C. Es lento e irregular, producido por microorganismos.

2. Seco: Se puede producir en grano seco. Puede llegar a 42°C. Por lo general es rápido.

Los dos tipos de calentamiento pueden desarrollarse simultáneamente, también es posible que al foco de calentamiento seco le siga un foco de calentamiento húmedo.