

## ***EL DETERIORO DE GRANOS DURANTE***

### ***EL TRANSPORTE MARITIMO***

***Dr. José A. Barreiro Méndez***

#### ***SUMARIO***

En el presente trabajo se analizan los principales factores físicos y biológicos que inciden en el deterioro de granos almacenados en buques durante el transporte marítimo, señalándose en forma breve las interacciones existentes entre ellos, los tipos de deterioro más frecuentes y los mecanismos de acción por los que se producen.

#### ***INTRODUCCION***

Uno de los renglones de mayor relevancia en el transporte marítimo de productos alimenticios, son los granos, los cuales incluyen los cereales y algunas semillas oleaginosas. El mayor volumen comercial de estos productos se transporta entre los países productores, en las zonas templadas del globo y los países consumidores, usualmente ubicados en zonas tropicales

En el caso particular de Venezuela, cada año, se han importado por vía marítima a través de los puertos de Puerto Cabello, La Guaira y Maracaibo principalmente, una cantidad creciente de granos como el trigo, maíz, malta, sorgo y soya, entre otros, con el fin de satisfacer las demandas internas de esos productos no satisfechas por la producción nacional.

La mayoría del transporte marítimo de granos se realiza en buques graneleros, en los cuales la carga de grano se ubica al granel en las diversas bodegas, entrepuentes y tanques del buque.

A pesar que la duración de las travesías desde centros exportadores tradicionales en la costa este o en la costa del Golfo de los Estados Unidos de América, Canadá, Argentina y sur de África, en condiciones normales raramente sobrepasa las dos semanas, es frecuente encontrar cargamentos parcial o totalmente deteriorados, cuya calidad es notablemente inferior a la señalada en los Certificados Oficiales de Calidad al momento del embarque.

El objetivo del presente trabajo es presentar una breve revisión de los factores que afectan la calidad del grano durante el transporte marítimo y su almacenamiento a bordo de barcos mercantes.

*Ing. Quím., M.Sc., Ph, D., Profesor, Universidad Simón Bolívar.*

### **CALIDAD DEL GRANO**

El término calidad usualmente conduce a malas interpretaciones, ya que lo que puede ser excelente para un fin puede no ser adecuado para otro. Por ello, antes de pasar a considerar los factores que afectan la calidad del grano, es conveniente definirla dentro de líneas prácticas. Por ejemplo, en el caso de grano de maíz, se consideran como factores de calidad de importancia los siguientes (Brooker et al 1974):

- a) Elevada densidad (peso por hectolitro).
- b) Bajo contenido de granos dañados, \_dañados por el calor, partidos y materia extraña.
- c) Contenido de humedad apropiadamente bajo y uniforme en la masa de grano.
- d) Poca susceptibilidad del grano a partirse (fragilidad).
- e) Alto contenido de almidón.
- f) Alto contenido de aceite.
- g) Alta calidad de la proteína.
- h) Bajo contenido de hongos.
- l) Alta viabilidad del grano como semilla.
- j) Alto valor nutritivo.

Como se puede inferir, el establecer la calidad del grano basándose en estos parámetros puede ser cosa difícil y raramente un lote de grano puede reunir todas las características señaladas en forma simultánea. Así, de estos factores de calidad, al comerciante de granos le interesan básicamente los cuatro primeros, al molinero y fabricante de aceite y almidón la e), f) y g); al fabricante de alimento para animales h) y i); y al granjero la i).

Con el fin de uniformar los criterios de comercialización de granos con respecto a la calidad, se han establecido patrones de calidad para diversos granos. En los Estados Unidos de América existen nueve patrones para otros tantos granos; en Venezuela, recientemente se han establecido patrones muy similares a los primeros a través de la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN).

Por ejemplo, para maíz, además del tipo y clase, se establecen factores tales como peso por hectolitro (densidad aparente) , humedad, granos partidos y materia extraña, granos dañados por el calor y granos totales dañados. En base a esos parámetros se establecen cinco grados de calidad la clasificación Grado por Muestra.

Para avena se establecen cuatro grados, para trigo cinco, para sorgo cuatro, para soya cuatro, en adición al Grado por Muestra en todos ellos para grano que no reúna las condiciones de calidad que establece el patrón. También existen patrones para cebada, centeno, linaza y grano mezclado.

Lamentablemente, los patrones de granos existentes no incluyen hasta el presente factores de calidad tales como contenido de aceite y almidón, por ejemplo, que pueden ser de vital importancia para algunos procesadores de granos como la industria aceitera.

Existen factores tales como características de la cosecha del grano, su secado por medios naturales o artificiales y las condiciones y tiempo de almacenamiento del grano, con anterioridad al embarque, que inciden directamente en la calidad de éste. Entre éstos pueden citarse el contenido de humedad del grano al momento de la cosecha, el daño físico producido al grano por el equipo de cosecha y las temperaturas de secado y almacenamiento del grano. Con relación a la temperatura de secado se ha encontrado que temperaturas superiores a los 43 C afectan seriamente la utilización del grano como semilla, al disminuir el grado de germinabilidad. En la industria molinera no es recomendable utilizar grano que ha sido secado & temperaturas superiores a los 50-60 C, ya que se dañan las propiedades funcionales del grano.

Por todo lo anterior, se puede aseverar que no sólo los factores que determinan la calidad del grano para el establecimiento de un grado de calidad son importantes, sino también la historia previa de éste es influyente en ésta. La historia previa no es usualmente conocida, dados los diversos orígenes y las mezclas de grano que se realizan en los centros de almacenamiento o exportación y normalmente, lo único de que se dispone es de un Certificado de Calidad Oficial del grano al momento del embarque, el cual proporciona una imagen puntual de los factores de calidad del grano en un momento dado, no considerándose, claro está, los parámetros que no están incluidos en el establecimiento del grado, pero que pueden afectar la calidad y uso del grano.

En el caso del transporte marítimo de granos, el Certificado Oficial de Calidad es un documento de especial importancia para establecer las variaciones de calidad del grano durante el viaje y hacer comparaciones de calidad y estimar el grado de deterioro sufrido durante el transporte por mar.

#### ***DETERIORO DE GRANOS EN EL TRANSPORTE MARITIMO***

En el deterioro de granos almacenados en tierra o a bordo de buques u otros sistemas de transporte, hay que distinguir claramente entre las causas o condiciones primarias que originan el deterioro y las consecuencias tangibles de éste que determinan el decrecimiento de la calidad del grano. Algunas veces resulta difícil distinguir entre las causas y los efectos, ya que existe retroalimentación en estos sistemas y un efecto se puede tornar en una causa para desencadenar nuevos tipos de deterioro o aumentarse a sí mismos.

En este sentido, las variables fundamentales que inciden o afectan el deterioro de los granos alimenticios son la temperatura, la humedad del grano y el tiempo o duración de ocurrencia de estas variables, aunados a factores propios del grano como cantidad de granos partidos y materia extraña y grado de incidencia de hongos e insectos. En la Figura 1 se pueden observar las diversas variables y factores que inciden en el deterioro de granos en el transporte marítimo. Como se puede apreciar. Existen diversas condiciones que afectan estas variables ya sea en forma normal como accidental.

Factores tales como la temperatura ambiental, la temperatura del grano durante el embarque o en el almacenamiento en el buque, el contenido de humedad del grano al momento del embarque, la humedad relativa ambiental, las mojaduras accidentales y la migración de humedad dentro de la masa de grano, afectan directa o indirectamente las variables fundamentales antes citadas. Estas variables (temperatura, humedad del grano y tiempo), a su vez determinan las condiciones de respiración del grano, de crecimiento de microorganismos, insectos y las reacciones bioquímicas de deterioro de tipo enzimático o no enzimática, las cuales a su vez, inciden directamente en el deterioro, el cual se manifiesta en forma tangible por la presencia de hongos, fermentación, cambios de color, olores anormales, rancidez de los lípidos, crecimiento de insectos, granos dañados, y pérdida de las propiedades funcionales entre otros.

A su vez, el crecimiento de microorganismos, de insectos, la respiración algunas reacciones bioquímicas, pueden generar calor y humedad en cantidades apreciables, la cual a su vez entra en un proceso de retroalimentación para afectar la humedad y temperatura del grano y así continuar este circuito cerrado, lo cual se reflejará en una aceleración del deterioro del grano.

En este trabajo se discutirán los factores que afectan las variables fundamentales, así como los efectos que estas tienen en el deterioro. Nunca se debe perder de vista la estrecha interacción que existe entre todas ellas.

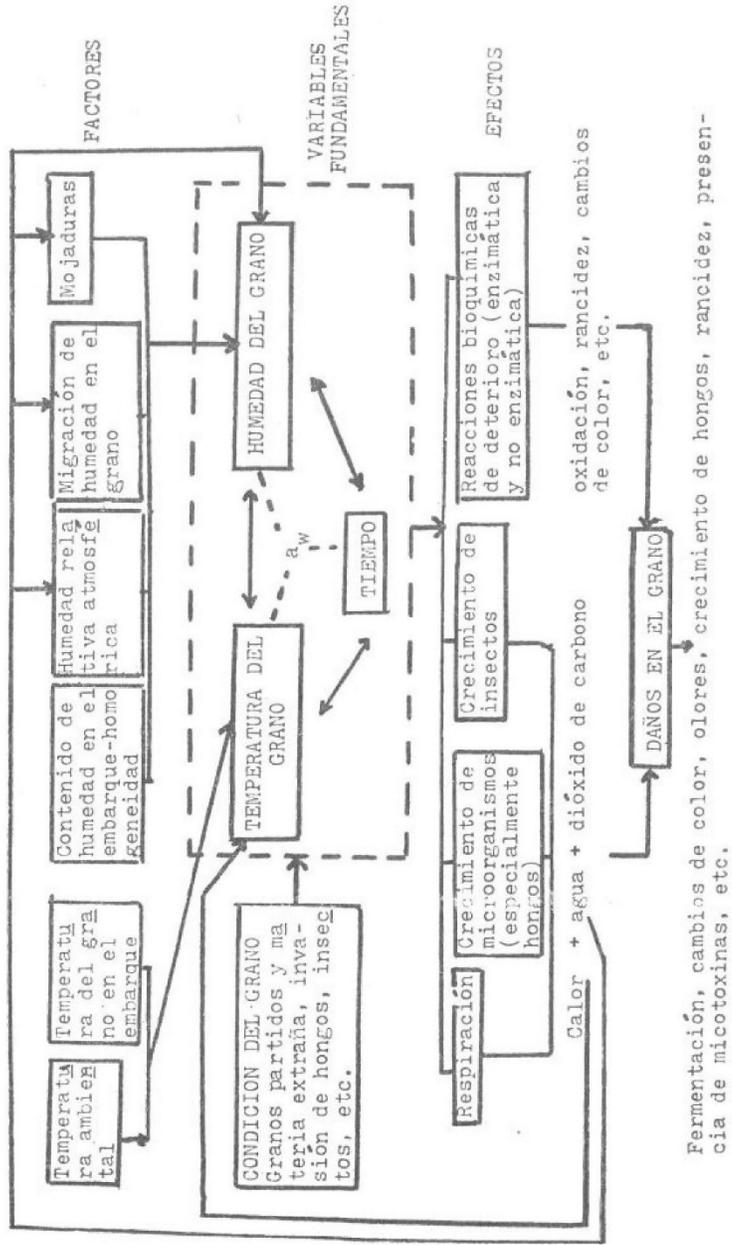


Figura 1. Variables fundamentales y factores que afectan el deterioro de granos durante el transporte marítimo.

### ***Tipos de deterioro***

En general, cualquier tipo de deterioro de granos o de cualquier producto alimenticio puede clasificarse dentro de una de las siguientes categorías: deterioro físico, químico, microbiológico o una combinación de ellos.

#### ***Deterioro físico***

El daño de tipo físico está relacionado con daños de tipo mecánico, pudiendo incluirse en esta categoría la contaminación por insectos, roedores, aves u otras plagas, así como mojaduras por agua dulce, salobre o salada, provenientes de la condensación, de entradas de agua en las bodegas a través de las escotillas, absorción de humedad del aire o transferencia de masa a través de mecanismos de convección natural dentro de la masa de grano almacenada, debido a gradientes de la temperatura en ésta, etc.

#### ***Deterioro Químico***

La acción de las temperaturas elevadas, humedad alta, presencia de enzimas de origen natural presentes en el grano o de origen microbiano y catalizadores metálicos, así como la oxidación por la acción del oxígeno del aire de algunos de los componentes del grano, pueden ocasionar deterioro de tipo químico en el alimento. En esta categoría se incluye la rancidez de los lípidos por medio de reacciones enzimáticas y oxidativas, el oscurecimiento enzimático y no enzimático (reacción de Maillard) y cambios de color entre otras.

## ***Deterioro Microbiológico***

Las condiciones de elevada humedad y temperatura en el grano pueden inducir daños de tipo microbiológico, los cuales se manifiestan por la elevación de la temperatura, cambios de color, cambios de tipo químico, como rancidez de los lípidos del grano y olores característicos, debidos & crecimiento de microorganismos, primordialmente hongos. Usualmente los granos son primeramente atacados por los hongos, después por las levaduras; finamente por las bacterias.

El crecimiento microbiológico puede estar asociado a la producción de toxinas por parte de los microorganismos. En granos son de especial mención las micotoxinas.

Los factores del deterioro de granos mencionados con anterioridad, no ocurren nunca aislados y siempre están íntimamente relacionados entre sí.

Así por ejemplo, una elevación de la humedad del grano, por razones exógenas, puede inducir el crecimiento de hongos, el cual a su vez induce una elevación de la temperatura, la cual, por gradientes en ella en la masa de grano induce los mecanismos de migración de humedad a otra localidad de la masa almacenada, reiniciándose el proceso en esta área.

Una vez que el proceso de deterioro del grano almacenado en la bodega se inicia, disparado por una causa externa como por ejemplo, una mojadura por agua de mar, usualmente éste procede como una reacción en cadena, lenta al principio y cada vez más acelerada después. Desde el punto de vista netamente físico-químico el deterioro global del grano, el cual toma en cuenta todos los factores, es de tipo exponencial, pudiendo en la mayoría de los casos poder ajustarse a una cinética de primer orden, siguiendo la ecuación diferencial:

$$d(c) = k(c)$$

d t

donde C: deterioro global

k: constante de velocidad de la reacción de deterioro

(días<sup>-1</sup>)

t: tiempo transcurrido (días).

La constante de la velocidad k varía con la temperatura que afecta al deterioro de acuerdo a la ecuación de Arrhenius

$$-E_a / R T$$

$$K = k^{\circ} e$$

donde k<sup>o</sup>: constante ( días – 1)

E<sub>a</sub>: energía de activación de la reacción (Kcal/ mol)

T: temperatura absoluta (K)

R: constante de gases (Kcal/mol K)

De esta forma, y utilizando las anteriores ecuaciones ligadas a los datos de temperatura de la carga durante el viaje o almacenamiento en el buque, si es posible conocer el grado de deterioro global. Del embarque de grano en al menos dos tiempos diferentes del período de almacenamiento, es posible predecir en forma teórica, aunque obviamente aproximada, el momento en el cual se inició el proceso de deterioro. Este método ha sido aplicado con éxito por el autor en diversos trabajos relacionados con el deterioro de alimentos almacenados y ha sido aplicado así mismo en otras áreas de la conservación de alimentos (Labuza, 1982).

## ***FACTORES QUE INCIDEN EN EL DETERIORO DE GRANOS***

Los factores que se presentan a continuación afectan directamente las variables que gobiernan el deterioro de los granos almacenados. Estos factores se pueden clasificar en dos grupos fundamentales: físico-químicos y biológicos.

### ***Factores Físico-químicos***

A continuación se discutirán algunos parámetros que inciden en el deterioro de granos que son transportados en barcos graneleros, haciendo notar una vez más, que usualmente ocurren en forma simultánea y sinérgica.

### ***Humedad del grano y actividad de agua***

El término humedad debe utilizarse con un significado práctico adecuado en la conservación moderna de alimentos, en cuanto a factor desencadenante del deterioro. En su lugar hoy en día se utiliza el término actividad de agua o  $a_w$ .

La relación entre el contenido de humedad del grano y la  $a_w$  se puede determinar mediante las llamadas isotermas de absorción del producto a diversas temperaturas. Cada producto presenta distintas isotermas en relación a otros y por consiguiente, para una misma actividad de agua pueden encontrarse distintos contenidos de humedad en diversos productos. Así por ejemplo, o temperaturas de 20 a 25 C, se tienen valores aproximados de humedad presentados en la Tabla 1.

La actividad de agua representa, por definición, la humedad relativa del ambiente en equilibrio con el agua presente en el grano a una temperatura dada.

**Tabla 1**

Contenido aproximado de humedad de varios granos para diferentes actividades de agua (aw) a: temperaturas entre B0 y 25 C.

Actividad de agua (3W)	Trigo	Maíz amarillo	Arroz pulido	Soya	Girasol	Surge
0,65	13,8	13,5	14,0	12,5	8,0	13,9
0,70	14,5	14,0	15,0	13,0	9,0	13,8-
0,75	15,7	14,8	15,5	14,0	10,0	14,8
0,80	16,8	15,6	16,5	16,0	11,0	15,8
0,85	18,7	17,6	17,5	18,0	13,0	17,3
0,90	20,6	19,6	-----	-----	-----	18,8

**De Brooker et al. (1974) y Christensen y Kaufmann (1969).**

Tanto las reacciones que intervienen en el deterioro químico como en el microbiológico son dependientes de la  $a_w$ ; (no directamente de la humedad). Así por ejemplo, los hongos de almacén que crecen en granos a valores de  $a_w$  más reducidos son el *Aspergillus restrictus* y el *A. helophilum*, los cuales presentan valores de  $a_w$  mínimos para el crecimiento de 0,65 a 25 C. Esta  $a_w$  corresponde a diversos contenidos de humedad, dependiendo del tipo de grano. Para trigo es de 13,8%, para maíz de 13,5%, para arroz pulido de 14,0%, para soya 12,2%, para girasol 8,0% y para sorgo 12,9%. O sea, un mismo microorganismo puede crecer a diferentes humedades en diversos granos, pero a una misma actividad de agua mínima.

La humedad de equilibrio del grano disminuye, para un mismo valor de  $a_w$ , al aumentar la temperatura. De aquí que un grano caliente por la acción de temperaturas ambientales elevadas, por ejemplo, en equilibrio con una atmósfera como la de Puerto Cabello, con humedades relativas ambientales medias entre 75 y 85%, presentará humedades de equilibrio relativamente menores que con el grano a menor temperatura. Por consiguiente, a temperaturas moderadamente altas, dentro de su rango de crecimiento, podrán crecer hongos, aún a contenidos de humedad aparentemente bajos, siempre que su  $a_w$  sea superior a la mínima de crecimiento. Así por ejemplo, en condiciones ambientales como las anteriormente señaladas, para maíz a 45 C podrán crecer microorganismos termófilos con una  $a_w$  mínima de crecimiento de 0,65, conteniendo el grano solamente 11,5 % de humedad. A 30 C y la misma  $a_w$  esta humedad es de 12,0%.

De aquí que la humedad del grano per se, no es un parámetro definitorio en lo que se refiere al almacenamiento seguro de granos, debiéndose hablar en su lugar de actividad de agua.

Mientras más bajo sea el contenido de humedad del grano y por ende su  $a_w$ , mayor será el período de almacenamiento que soportará a una temperatura dada. La vida segura de almacenamiento de un grano con un contenido de humedad dado prácticamente se duplica por cada 5 C de disminución en la temperatura. Por ejemplo, el maíz con 14% de humedad tiene una vida útil aproximada de almacenamiento de 256 días a 10 C, 128 días a 15 C, 64 días a 20 C, 32 días a 25 C, 16 días a 30 C y sólo 8 días a 35 C (Christensen, 1974).

Para el almacenamiento seguro de maíz se recomiendan contenidos de  $a_w$  correspondientes a 12% de humedad como máximo. Para trigo este valor puede ascender hasta 14%. En el caso de malta para cervecería valores de  $a_w$  correspondientes a humedades superiores al 6% en el grano se pueden reflejar en un rápido de crecimiento del valor comercial del grano.

A contenidos de humedad inferiores al 13% prácticamente se inhibe el crecimiento y reproducción de insectos en éste. Temperatura del grano, temperatura ambiental, humedad relativa del aire.

***Temperatura del grano, temperatura ambiental, humedad relativa del aire.***

Los microorganismos y en particular los hongos presentan temperaturas mínimas, óptimas y máximas de crecimiento. Los hongos que deterioran los granos crecen muy lentamente a temperaturas inferiores a los 15 C y son inactivados a temperaturas entre 55 y 60 C. Dentro de estos extremos existen diferentes temperaturas óptimas de crecimiento, dependiendo del tipo de hongo. En cuanto a los requerimientos de temperatura para el crecimiento, los microorganismos se clasifican en criofílicos, mesofílicos y termofílicos, dependiendo de si crecen mejor a bajas (0 a 25 C), medianas (25 a 40 C) o altas (40 a 55C) temperaturas. Los hongos de importancia en el deterioro de granos en el transporte marítimo pertenecen a los dos últimos grupos.

La temperatura reinante en el grano almacenado afectará la calidad de éste; como y se vio anteriormente, a mayor temperatura menor vida útil del grano. También influye en el contenido de humedad del grano en equilibrio con una atmósfera dada.

Tanto la aw, ligada íntimamente a la humedad, como la temperatura son factores esenciales para el crecimiento microbiano. Si durante el almacenamiento se producen temperaturas y humedades del grano (aw) adecuadas para el crecimiento de hongos. Éste tendrá lugar, deteriorándose el grano.

La temperatura óptima para el crecimiento y reproducción de insectos en granos infestados es de 29 a 32 C. A temperaturas inferiores a los 20 C se reduce notablemente su crecimiento y reproducción y muchas especies mueren cuando la temperatura baja de 10 C o sube por encima de 42 C.

Dependiendo de la temperatura del grano, influida ya sea por la acción del ambiente de almacenamiento o por la acción de microorganismos o insectos, habrá mayor o menor posibilidad de deterioro, ya que ella regulará la transferencia de masa y calor en el lote de grano y el metabolismo de microorganismos e insectos, determinando el tipo de microorganismo o insectos que pudieran crecer y desarrollarse.

La humedad relativa del ambiente en contacto con el grano es prácticamente imposible de controlar durante el transporte marítimo de alimentos al granel. A mayor humedad relativa en el ambiente de almacenamiento en contacto “con el grano menor de vida útil de almacenamiento y mayor deterioro del grano. Este hecho es particularmente cierto en productos higroscópicos. Los granos ricos en lípidos, como las oleaginosas, tienden a absorber menor cantidad de humedad del ambiente que los ricos en almidón y carbohidratos.

Existe una controversia sobre la conveniencia de ventilar los cargamentos de granos al granel durante el transporte por mar, debido a que si el grano se embarca seco y en buen estado y no ocurren accidentes imprevistos durante la travesía, no debe haber respiración del grano ni crecimiento de hongos que generen calor y humedad, por lo que no será necesario remover el calor) humedad generados por estos conceptos. Por el contrario, la introducción de aire húmedo o cercano a su punto de rocío puede inducir la absorción de humedad por parte del grano o mojaduras debidas a posible condensación de la humedad el aire, como se verá más adelante, acelerando el deterioro de las capas superficiales, el cual se puede extender lentamente hacia las áreas inferiores de la bodega.

Este caso puede aplicarse por extensión a la situación de las moras de buques en puertos con altas temperaturas y humedades relativas ambientales, con el cargamento a bordo. A medida que el tiempo transcurren las capas superficiales de grano tienden a equilibrar su humedad con el aire que las rodea, usualmente con humedades relativas entre 70 y 90% y temperaturas medias diarias superiores a los 30 C, en el caso de puertos venezolanos. Al elevarse por este motivo la humedad del grano superficial y darse las condiciones óptimas de  $w$  y temperatura para el crecimiento de hongos, éstos crecen, produciéndose el deterioro de este grano. Este deterioro continúa propagándose lentamente hacia el grano almacenado en zonas inferiores de la bodega y si el tiempo de mora fué suficientemente largo, se produciría la pérdida total del grano. En este tipo de casos usualmente las partes del grano más dañadas son las que corresponden a las áreas superficiales de la bodega y a medida que se remueve el grano éste tiende a mejorar su condición de calidad.

Debido a que la conductividad térmica del grano es relativamente baja, éste es un excelente aislante térmico y el efecto de ventilar una bodega con grano no surte efecto sino en los primeros uno a dos metros de la parte superficial únicamente. Por tales motivos, no parece conveniente utilizar la práctica de la ventilación del grano en la bodega cuando éste se encuentre en buen estado y no se hayan producido cantidades significativas de calor o humedad por causas de su deterioro.

La temperatura del grano al momento del embarque es un factor de importancia, ya que como se mencionó con antelación, el grano es un excelente aislante térmico y al almacenarse en la bodega de un buque tenderá a retener esta temperatura durante el viaje por mar. Así, si el maíz se embarca en los meses de verano en los puertos de la costa del Golfo de México de los Estados Unidos de América, como en Nueva Orleans o Mobile, las temperaturas ambientales en los silos de almacenamiento pueden ser del orden de los 35 C durante el día, con elevadas humedades relativas ambientales en el aire externo. Estas temperaturas elevadas del grano tenderán a reducir su vida útil de almacenamiento a bordo (Milton, s/ f). En el caso de grano que se embarca con humedades relativamente altas o en el límite de seguridad, la elevación de la temperatura podría inducir el crecimiento de hongos, ya que si la humedad del grano permanece constante, a mayor temperatura, la aw del grano será mayor, pudiendo entonces crecer microorganismos a este nuevo aw que no podían crecer originalmente. Obviamente si la temperatura del grano al momento de cargarse a bordo es inferior, como en el otoño, existirán menos posibilidades de deterioro por este concepto en el viaje.

Más importante aún que la temperatura del grano al momento del embarque es su humedad y que ésta determinará la aw, la posibilidad de crecimiento microbiana y la desencadenación de reacciones de tipo bioquímico en el grano y por consiguiente un posible aumento de la temperatura de éste. Pero aún de mayor relevancia es la humedad relativa de equilibrio (aw) en los espacios intersticiales que existen entre los granos almacenados, la cual puede ser apreciablemente diferente a la reinante en el ambiente cercano a las capas superiores de la bodega del buque y sobre la cual, como se discutió con anterioridad, la ventilación de la bodega puede no tener efecto apreciable, debido a que ésta no permite la ventilación efectiva sino de las capas superiores. De esta forma, si por alguna causa como por ejemplo, mezcla de grano, en los silos de almacenamiento en tierra o, a bordo, con distintas humedades, se produce una distribución no homogénea de la humedad de los granos en la bodega, existirán zonas con un contenido de humedad más elevado que el resto, lo que aunado a temperaturas adecuadas puede hacer que se den condiciones de aw favorables para permitir el crecimiento microbiológico en estas zonas (o de insectos en el caso de grano infestado), generándose en ellas un aumento de la temperatura producto del metabolismo de estos entes (o inclusive del grano si la humedad fuere suficientemente elevada), con producción de dióxido de carbono (Co<sub>2</sub>) y vapor de agua, el cual a su vez humedece el grano en zonas adyacentes, propagándose el foco de deterioro, o moviéndose la humedad a otras zonas del grano por mecanismos de convección natural, en donde el grano en buen estado se humedece, comenzando

su deterioro. "Este último fenómeno recibe el nombre de migración de la humedad y será discutido por separado.

### ***Migración de humedad en el grano. Mojaduras.***

La bodega de un buque no es más que un almacén móvil con grano, sujeto a las condiciones atmosféricas prevalentes durante el viaje por mar, las cuales inciden en variaciones en la temperatura de las paredes y fondos de las bodegas debido a variaciones en la temperatura del agua de mar, variaciones súbitas o graduales en la temperatura y humedad relativa ambientales o condiciones climáticas especiales que el buque encuentre durante el viaje. El conocimiento de las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo el aire en las bodegas y ambientales durante el viaje son herramientas utilísimas para analizar las condiciones de almacenamiento de la carga en el buque y determinar la posible ocurrencia de problemas que inciden directamente en su deterioro. Afortunadamente, hay cada día más buques equipados con instrumentos de medición y registro automático de estos datos.

Como se mencionó antes, los cargamentos de granos al granel tienden a retener la temperatura que tenían al momento del embarque. No obstante esto, el cargamento que se estiba en bodegas cercanas al cuarto de máquinas o encima del eje de la hélice, es probable que se calienten y la carga cercana a las paredes y fondo de las bodegas y a cuartos refrigerados probablemente se enfriará, dependiendo de la temperatura del agua de mar en los primeros casos. Estos fenómenos pueden reducirse si se emplean maderos de estiba o aislantes para evitar el contacto del grano con estas áreas, aunque en cargamentos grandes puede no ser práctico. Los cambios de la temperatura del agua de mar y del aire pueden ser muy rápidos. Jamieson Jobber (1970), señalan que en el área en que la corriente del Golfo y la de Labrador se tocan, se han registrado cambios en la temperatura del aire en un lapso de 12 horas de 14 C a -1 C y la del mar de 20 C a 6 C. En áreas tropicales las superficies metálicas de las cubiertas y costados laterales de los buques por encima de la línea de flotación, pueden calentarse por acción de la radiación solar a temperaturas de 60 a 70 C, pudiendo en estas condiciones existir aire en los entrepuentes a temperaturas entre 45 y 50 C. Estos cambios en la temperatura se reflejan en las paredes, fondo y aire en las bodegas.

Cuando el grano se embarca a temperaturas relativamente altas (por ejemplo 30 a 35 C) y el buque encuentra en su travesía aguas y aire frío, se tiende a crear un diferencial de temperatura en las partes del grano cercanas a las paredes y fondo de las bodegas. Debido a esta baja de la temperatura en estas zonas, la densidad del aire intersticial entre los granos ubicados en estas zonas aumenta, tendiendo este aire más frío y denso a bajar a lo largo de la pared de la bodega debido a fuerzas de convección natural, hasta que llega a zonas inferiores. Al encontrarse con el fondo también frío continúa su movimiento tendiendo a ser empujado hacia la superficie en las zonas centrales del fondo de la bodega. Este aire que sube lentamente por las zonas centrales de la bodega se calienta al encontrar grano más caliente que el que está cercano a las paredes y fondo, y recoge humedad de éste. Al calentarse el aire y humidificarse, su densidad disminuye y tiende a subir a través de la bodega hasta que alcanza el grano en la superficie de la bodega, el cual por la acción del aire en contacto con él se puede encontrar más frío que el de capas inferiores de donde proviene el aire. Al encontrarse el aire caliente húmedo con grano más frío y con las planchas metálicas de la parte superior de la bodega, las cuales también se encuentran a temperatura ambiente (frías), éste se enfría, pudiendo condensar la humedad del aire en forma de pequeñas gotas sobre el grano o en las superficies metálicas, para luego caer goteando sobre la superficie de grano en la bodega. Este tipo de migración de humedad dentro de la bodega se manifiesta por daños en las zonas centrales y superiores de la carga.

Cuando la carga se embarca fría y las condiciones externas son calientes puede ocurrir lo contrario, pero siguiendo un mecanismo similar, produciéndose el daño visible en las zonas centrales del fondo de la bodega y en las partes laterales de ésta.

Un fenómeno similar al primero, con daños en la zona central superior ocurre cuando tiene lugar crecimiento de insectos en las masas centrales de grano. El calor que generan hace que se originen las corrientes de convección en las zonas centrales, arrastrando este aire más caliente humedad del grano a su paso y condensando en zonas más frías en la superficie del grano, induciéndose el crecimiento de hongos y el deterioro en estas zonas.

Las mojaduras de las partes superficiales de la carga de granos puede originarse o bien por entrada directa de agua de mar, salobre o salada (incluso nieve en algunos casos o Hielo) a través de escotillas no estancas o en forma indirecta mediante condensación de la humedad del aire.

Las mojaduras indirectas son de dos tipos: sudor de la carga y sudor del buque. Ambas están relacionadas con la condición del aire de ventilación cuando ésta se utiliza.

El sudor de la carga ocurre cuando la superficie del grano está fría, al éste embarcarse frío y se ventila con aire caliente húmedo.

Cuando la temperatura de la carga está por debajo del punto de rocío del aire de ventilación existirán las condiciones para que ocurra condensación de agua del aire sobre ésta, incrementándose la humedad del grano y pudiéndose iniciar el deterioro.

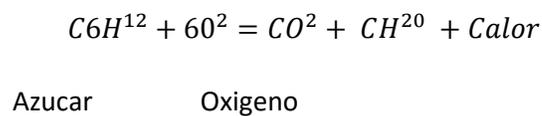
El sudor del buque se produce cuando la carga se embarca caliente y húmeda y los costados, fondo y otras partes metálicas de las bodegas del buque se enfrían al producirse condiciones externas (agua de mar o aire) frías, por debajo del punto de rocío del aire de la bodega, produciéndose condensación de agua en las partes metálicas, las cuales pueden producir goteo sobre la carga o afectar directamente al grano en contacto con ellas, el cual gana humedad, pudiendo iniciarse así el deterioro.

### ***Factores biológicos.***

Anteriormente se presentaron factores de tipo fisicoquímico que inciden en las variables fundamentales que gobiernan el deterioro de los granos, como temperatura y humedad del grano, que al actuar durante tiempo suficiente pueden asimismo iniciar el deterioro biológico y bioquímico del grano almacenado. Estos últimos serán discutidos en ésta sección.

## **Respiración**

Los granos, al igual que otros alimentos de origen vegetal cuyas enzimas no han sido inactivadas por el calor o por otros medios, presentan el fenómeno de la respiración. Durante el proceso de respiración aeróbica, los carbohidratos son convertidos en azúcares, siendo éstos oxidados por procesos metabólicos en el grano para producir dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), agua (H<sub>2</sub>O) y calor en una cantidad de 677,2 calorías por mol de azúcar, de acuerdo a la siguiente relación estequiometría:



De esta reacción, puede estimarse que de un gramo de azúcar carbohidrato se producen 0,747 litros de dióxido de carbono, 0,60 g de agua y 3,76 calorías como calor.

Además de la respiración del grano, los hongos y microorganismos que crecen en éste también respiran (al igual que los insectos). Si el grano se almacena con humedades inferiores al 20%, las tasas de respiración de éste son muy bajas debiéndose la respiración aparente del grano principalmente a los hongos. (Christensen y Kaufmann, 1969).

El fenómeno de la respiración explica la elevación de la temperatura en una masa de grano almacenado donde tiene lugar el crecimiento de hongos.

Las tasas de respiración se incrementan al aumentar la temperatura, al igual que sucede con la actividad o metabolismo de los hongos. De esta manera, al producirse un incremento en la temperatura del grano por acción de los hongos presentes, ésta comenzará a subir en forma exponencial hasta que se alcance una temperatura suficientemente elevada (55 a 60 C) capaz de inactivar los hongos presentes.



( $a_w$  : 0,65 a 0,70), en forma lenta y poca producción de calor. En los mecanismos de respiración se produce agua la cual aumenta la humedad (también puede aumentar por cualquier otro mecanismo, como altas humedades relativas ambientales, mojaduras, etc.) del grano permitiendo el crecimiento de otros microorganismos como *A. glaucus* (en maíz con 14 a 14,5% de humedad) u otros miembros de su grupo como *A. repens*, *A. amstelodama* *A. rubor*; *A. candidw* (15 a 15,5% de humedad en maíz) y *A. ocraceus* y finalmente *A. flavus* ( 18 a 18,5 en maíz) y *Penicillium spp.* (16,5 a 19% de humedad en maíz), produciéndose una sucesión en el crecimiento de hongos, en la que unos preparan las condiciones para el desarrollo de otros, *A. candidus* y *A. flavm* producen grandes cantidades de calor metabólico capaces de subir la temperatura del grano infectado hasta 55 C. El ascenso de temperatura originado por estas especies inactiva a otros hongos competidores y cuando es suficientemente alta se inactivan a sí mismos.

Algunos hongos como el *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. ocracem* y *Penicillium islandicum*, entre otros, son capaces de producir toxinas muy nocivas para la salud humana y de animales. Entre las más conocidas se encuentran las aflatoxinas, producidas por las dos primeras especies antes citadas y algunas especies de *Penicillium* primordialmente.

Las aflatoxinas son potentes cancerígenos que atacan principalmente al hígado de los animales o personas que las ingieren en la dieta de granos contaminados por ciertos períodos de tiempo, pudiendo causar la muerte. Las aflatoxinas más frecuentemente encontradas en granos son la B1, B2, G1 y G2. La temperatura óptima para producción de aflatoxinas por parte de los hongos antes citados es de 27 C, con límites mínimos y máximos de producción de 12 y 40 C respectivamente. En condiciones óptimas el hongo puede producir la toxina en menos de 24 horas.

Otras micotoxinas como la ocratoxina (producida por *Á. ocraceus*), las producidas por *Fusarium spp.* o *Penicillium*, también pueden estar presentes en los granos almacenados donde han crecido hongos. A estas últimas no se les ha dado la misma atención en la industria alimentaria que a la aflatoxinas.

## ***Insectos y alegar***

El daño causado al grano por la invasión y crecimiento de insectos de almacén en condiciones óptimas de temperatura y humedad se caracteriza por: perforaciones en el grano y desaparición de su parte interna; daño al gérmen; calentamiento de las zonas de grano afectadas con el subsiguiente crecimiento de hongos; y contaminación del alimento con excrementos y partes corporales de estos insectos.

Otras plagas como ácaros y roedores también pueden causar pérdidas considerables en granos almacenados El deterioro de granos por crecimiento de plagas o insectos en cargamentos que se reciben en Venezuela no es muy usual, especialmente si el grano es embarcado en buenas condiciones de humedad y ha sido inspeccionado adecuadamente por las autoridades sanitarias en el puerto de origen y las bodegas del buque han sido limpiadas y fumigadas apropiadamente.

## ***REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS***

Brooker, D. B.; Bakker-Arkema, F. W; Hall, C. W. 1974. "Dryng Cereal

Christensen, C. M. 1974. "Storage of Cereal Grain and their Products",

Ed. American Assoc. of Cereal Chemists, 2nd. ed., St. Paul, Minn.,

E.U.A

Christensen, C. M. y Kaufmann, H. H. 1969. "Grain Storage: the Role of

Fungi in Quality Lon", Univ. of Minnesota Press, an., E.U.A.

Jamieson, M. y Jobber, P. 1970. "Food Storage Manual Storage Theory",

Pub. por United Nations and F.A.O., Roma.

Labuza, T. P. 1982. "Shelf-life Dating of Food." The Food & Nutrition Press  
Inc., Westport, Conn., E.U.A.

Milton, R. F. s/f. Heating damage to maize from Argentina. En Fifth Report.

Association's Advisory Committee on Cargo Claims. The United Kingdom Mutual Steam Ship  
Assurance Assoc. (Bermuda), Ltd.

Grafos". The AVI Pub. Co., Westport, Conn., E.U.A.

**ESTUDIO JURIDICO SOBRE LA CARTA DE CREDITO**

**COMERCIAL COMO GARANTIA DE PAGO**

**Dr. Lino J. Díaz R.**

**SUMARIO**

Introducción

Tópicos Generales

Definiciones

Costumbres y Prácticas Uniformes para Créditos

Documentarios ( Revisión 1974 ) - Cámara de Comercio Internacional - (Folleto No. 290)

Tipos y Clases de Cartas de Crédito

Manera como se Origina la Carta de Crédito

entre el Vendedor, Comprador 3; Banco

Requisitos que debe Contener la Carta de Crédito

Las Partes - Baleares y Derechos

Naturaleza jurídica de la Carta de Crédito Comercial

Prescripción ); Caducidad

Observaciones

La Carta de Crédito Comercial como Garantía

de Pago en la Industria Petrolera Venezolana

El Caso Inglés

**\*Abogado. Lagoven S.A.**