

IV. Almacenamiento de granos en propiedades rurales

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)

Introduccion

La preservación y conservación de las cosechas representan hoy en día una cuestión vital. Toda la reserva que se destina a la alimentación del agricultor y su familia debe ser cuidadosamente beneficiada y conservada durante el almacenamiento para que no se altere su valor nutritivo. Por lo tanto, el propósito del almacenamiento es preservar la calidad de los productos agrícolas después de su cosecha, limpieza y secado.

La producción de granos es discontinua y periódica mientras que su consumo es permanente y no se interrumpe. Para conciliar estos dos aspectos es necesario almacenar la producción agrícola para atender la demanda que se presenta durante el periodo entre cosechas. Como raramente es posible consumir de inmediato toda la producción, si el agricultor la almacena podrá consumirla poco a poco o venderla con posterioridad en la época más oportuna, evitando así las presiones del mercado que

se presentan durante la época de la cosecha.

Por ser organismos vivos, los granos requieren cuidados especiales para que sus cualidades se preserven durante el almacenamiento. El deterioro del grano no se puede evitar completamente, ya que por ser un organismo vivo respira como cualquier otro, consumiendo sus reservas y produciendo energía. El uso de técnicas adecuadas de producción, cosecha, secado, beneficio, almacenaje y manejo minimizan el deterioro.

El contenido de humedad, la temperatura, los hongos, los insectos, las impurezas presentes en la masa de granos, los daños físicos y los roedores son factores que influyen en su conservación durante el almacenamiento. De estos factores, los principales que influyen en el deterioro de los granos son la temperatura y el contenido de humedad. En general, mientras más seco y frío se conserva el grano durante el almacenamiento, mayor será el periodo que permanecerá en buenas condiciones.

El tiempo de almacenamiento y la conservación de su calidad están estrechamente correlacionados con el contenido de humedad y la temperatura de la masa de granos, como se muestra en el cuadro 1. Cada producto debe tener un contenido de humedad adecuado para que pueda ser almacenado con seguridad, como aparece en el cuadro 2.

CUADRO 1: Tiempo seguro de almacenamiento en función de las diferentes temperaturas y el contenido de humedad de los granos

Temperatura del grano	Contenido de Humedad (% base h ₂ O meda)						
	14	15,5	17	18,5	20	21,5	23
(°C)	Días						
10,0	256	128	64	32	16	8	4
15,5	128	64	32	16	8	4	2
21,1	64	32	16	8	4	2	1
26,6	32	16	8	4	2	1	0
32,2	16	8	4	2	1	0	0
37,8	8	4	2	1	0	0	0

Fuente: Christensen, 1974.

CUADRO 2: Contenido de humedad para el almacenamiento adecuado de algunos productos

Productos	Contenido de humedad
Cacahuete	8 %

Arroz en cascara	12 %
Avena	12 %
Cebada	13 %
Frijol	11 %
Maz	13 %
Soja	11 %
Sorgo	12 %
Trigo	13%
Caf beneficiado	9 a 13 %

Fuente: Puzzi, 1977.

En el presente capítulo se presentan algunos modelos de estructuras para el almacenamiento de granos a granel y para maz en mazorca. También se presenta la lista de los materiales y los principales pasos a seguir para su construcción. Es importante señalar que cada diseño puede ser modificado ligeramente para adaptarlo a las condiciones locales y a los materiales más económicos de cada localidad.

Sistemas de almacenamiento

Entre los sistemas de almacenamiento disponibles existen varias opciones, algunas a nivel rural y otras para almacenar mayores volúmenes de granos. La elección del mejor sistema depende de:

- **el tipo de producto**
- **los métodos de manejo (granos ensacados o a granel)**
- **las instalaciones que ya existen**
- **el costo y de la disponibilidad financiera**
- **la mano de obra disponible, y**
- **la cantidad de grano que se quiera almacenar.**

El agricultor deberá elegir la estructura de almacenamiento que mejor se adapte a su cultivo y a su localidad. Para disminuir los costos de producción se recomienda utilizar los materiales de construcción que existen en la localidad. En este capítulo se describen algunos sistemas para el almacenamiento de granos a granel, tales como el tambor metálico, el silo metálico de pequeña capacidad, el silo de hierro-cemento, el silo de suelo-cemento "joao-debarro" (hornero), el troje (o troja) de cañas/bambú o listones, el troje de tablas, el silo de alfilería con sistema de aireación y por último el silo metálico comercial. Para los granos ensacados se describe la construcción de un almacén tradicional.

Almacenamiento de granos a granel

Tambor metálico

Descripción. El tambor de aceite de 220 litros (55 galones) es muy fácil de encontrar y representa una buena alternativa para almacenar pequeñas cantidades de granos a granel (figura 1). En este tipo de recipiente, los granos se conservan bien y por bastante tiempo si el manejo es correcto; además, tiene bajo costo y buena duración si se le da un adecuado mantenimiento. El tambor tiene capacidad para almacenar unos 220 litros de granos, es decir, de 130 a 180 kilogramos.

Adaptación. Si la tapa del tambor es del tipo "cinta metálica" no se requiere hacer ninguna adaptación, pero en caso contrario será necesario quitar la tapa superior del tambor.

- Limpie y seque el tambor. Si hay agujeros, tápelos con cera de abeja o parafina, o mejor aún con soldadura de estaño.
- Fabrique la cobertura del tambor utilizando un pedazo de plástico de un metro de diámetro. Corte una tira de cámara de neumático de 3 metros de largo. Para tapar el tambor, después de llenarlo con los granos cubralo con una película

plástica y amarra al tambor utilizando la tira de la cámara de neumático.

Figura 1. Tambor metálico de 220 litros.

- Coloque el tambor metálico sobre dos trozos de madera en un sitio protegido del sol y de la lluvia para evitar la oxidación (figura 2).

Figura 2. Tambor metálico adaptado para almacenar granos.

Manejo. Para llenar el tambor, los granos deben estar limpios y secos. Antes de llenarlo, determine la humedad del producto y consulte el cuadro 2. Si la humedad es superior a lo recomendado en el cuadro, será necesario secar los granos antes de almacenarlos. Después de llenar el tambor, efectúe un control de insectos mediante la aplicación de un fumigante; luego selle el tambor con cera o parafina. Otro sistema será colocar una pequeña lata con alcohol, encenderlo y sellar el tambor inmediatamente. De esta manera, los hongos e insectos morirán por falta de oxígeno, ya que la combustión del alcohol lo consume.

Silo metálico de baja capacidad

Descripción. El silo metálico se construye con láminas o chapas metálicas galvanizadas, ensambladas y soldadas en forma de cilindro. El silo debe colocarse sobre una tarima en un área cubierta, protegido del sol y la lluvia, como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Vista general del silo metálico.

Uso. Es un depósito de metal para almacenar granos a granel, bajo condiciones herméticas, protegidas del ataque de insectos y roedores.

Figura 4. Dimensiones de las láminas o chapas galvanizadas.

Material necesario. Para la construcción de un silo metálico de 0,98 m de diámetro, 2,0 m de altura y una capacidad para almacenar 1,5 m³ de granos, equivalentes a una tonelada de maíz, se necesitan los siguientes materiales:

- 4 láminas galvanizadas de 1 x 2 m, de 0,45 mm de espesor, y una chapa de 50 cm por 2 m, como se muestra en la figura 4;
- Pintura anticorrosiva;
- Remaches de 3 mm de diámetro;
- 6 tornillos de 5 cm de largo por 0,5 cm de diámetro, con tuerca;
- Lija para metal del número 80.

En la lista no se incluye el material que se utiliza para cubrir el silo, o sea, el cobertizo de madera de paja o tejas.

Construcción. Para fabricar el cilindro del silo, siga los siguientes pasos.

- Haga una abertura de 15 cm de diámetro a 4,5 cm del borde de una de las chapas, como muestra la figura 5.
- Marque con lápiz una línea a 0,5 cm de los bordes de las tres chapas que se usarán para fabricar el cilindro (figura 6).
- Corte las esquinas de las chapas (figura 7).

[Figura 5. Detalle de la abertura de la boca de descarga del silo.](#)

[Figura 6. Preparación de las chapas para la construcción del cilindro del silo.](#)

[Figura 7. Detalles del corte de las esquinas de las chapas.](#)

- Doble los bordes de los lados mayores de cada chapa con un alicate para hacer las orejas en sentido contrario (figura 8).
- Golpee con un martillo las orejas usando un trozo de perfil angular (cantonera) como soporte (figura 9).
- Para hacer las juntas del cilindro, una las orejas de las chapas y golpee con un

martillo de madera sobre una superficie firme y plana (Figura 10). Una el último par de orejas con la ayuda de un soporte (figura 11).

[Figura 8. Forma de doblar los bordes de las chapas.](#)

[Figura 9. Detalle del doblado de la chapa.](#)

[Figura 10. Detalle del ensamble de las chapas del cilindro.](#)

[Figura 11. Detalle del ensamble del cilindro.](#)

- **Con un alicate, doble hacia afuera los bordes superior e inferior del cilindro en la línea marcada. Para hacerlo más fácil, haga cortes en los bordes cada 5 cm (figura 12). Golpee con un martillo para marcar bien los pliegues, usando un trozo de hierro como base (figura 13).**

[Figura 12. Detalles de los dobleces del cilindro.](#)

[Figura 13. Terminado del cilindro.](#)

- **Marque y recorte el techo y la base del silo, los que deben tener 98 cm de diámetro, en una chapa metálica, como se muestra en la figura 14.**

- Marque en el techo y en la base un círculo a 0,5 cm de los bordes (figura 15).
- Coloque la base sobre el cilindro y doble los bordes con un alicate, como muestra la figura 16.
- Ponga la base sobre un piso firme y golpee las orejas usando el cincel y el martillo (figura 17).

[Figura 14. Detalles para marcar y recortar el techo y la base del silo.](#)

[Figura 15. Detalle de los bordes del techo y la base del silo.](#)

[Figura 16. Detalle para doblar los bordes del cilindro.](#)

[Figura 17. Detalle de la terminación de la base del silo.](#)

- Ponga el cilindro en el suelo y golpee las orejas con un martillo, apoyado internamente con un trozo de hierro (figura 18).
- Marque y recorte una abertura de 40 cm de diámetro en el centro del techo del silo (figura 19).

[Figura 18. Detalle de la forma de unión de la base con el cilindro.](#)

[Figura 19. Detalle de la abertura del techo del silo.](#)

- Haga la boca de carga del silo de la siguiente manera: i) corte una tira de chapa de 127 cm de largo y 14 cm de ancho. Marque con lápiz una línea a 0,5 cm de los bordes menores y de uno de los bordes mayores de la chapa (figura 20); ii) marque con lápiz una línea a 1 cm del otro borde mayor de la chapa (figura 21); iii) corte las aristas y haga un corte de 1 cm cada 1,5 cm de un lado de la tira, como muestra la figura 22; iv) doble el lado mayor de la tira con el alicate y golpee con un martillo. Doble los bordes menores en sentido contrario (figura 23); v) junte las partes menores de la tira y golpee con un martillo, apoyando en un trozo de hierro; el pliegue del lado mayor debe quedar hacia adentro (figura 24); vi) doble alternadamente las paredes picoteadas de la cinta con el alicate, como muestra la figura 25.

[Figura 20. Preparación de la chapa para la construcción de la boca para la carga del silo.](#)

[Figura 21. Cómo marcar la chapa de la boca de carga del silo.](#)

[Figura 22. Detalle del corte de la chapa.](#)

[Figura 23. Detalle de cómo doblar la chapa.](#)

[Figura 24. Detalle para formar la boca de carga.](#)

[Figura 25. Detalle de cómo doblar la chapa.](#)

- **Ensamble la boca de carga en la abertura del techo; doble los dientes del interior de la abertura golpeando con el martillo, apoyándose en un trozo de hierro; suelde por dentro y por fuera el ensamblado de la boca de la abertura (figura 26).**

[Figura 26. Detalle de cómo ensamblar la boca de carga en la abertura del techo.](#)

- **Construya la tapa de la boca del silo de la siguiente manera: i) corte un círculo de 43 cm de diámetro de chapa metálica y marque con lápiz una línea a 0,5 cm de los bordes del círculo (figura 27); ii) corte una tira de 128 cm de largo y 13 cm de ancho de chapa y marque con un lápiz una línea a 0,5 de los bordes de la cinta (figura 28); iii) corte las esquinas de la tira (figura 29); iv) doble los bordes mayores de la tira hacia el mismo lado con el alicate y golpee uno de ellos con un martillo (figura 30); v) doble los bordes menores de la tira en sentido contrario con un alicate (figura 31); vi) encaje los bordes menores de la tira formando un anillo y golpee con un martillo, apoyándose en un trozo de hierro (figura 32); los pliegues de los lados mayores deben quedar hacia afuera; vii) coloque el círculo sobre el anillo y golpee los bordes usando el cincel y el martillo (figura 33).**

[Figura 27. Dimensiones de la tapa de la boca de carga del silo.](#)

[Figura 28. Dimensiones de la chapa para construir la tapa.](#)

[Figura 29. Detalle del corte de la chapa.](#)

[Figura 30. Detalle de cómo doblar los bordes mayores de la chapa.](#)

[Figura 31. Detalle de cómo doblar los bordes menores de la chapa.](#)

[Figura 32. Detalle de cómo ensamblar el anillo de la tapa.](#)

[Figura 33. Detalle de cómo terminar el anillo.](#)

- Se construye la boca de descarga del silo igual que la de carga, pero con una tira de chapa de 48,5 cm de largo y 11,0 cm de ancho.
- El ensamblado de la boca de descarga en la abertura lateral del cilindro es igual al de la boca de carga en la abertura del techo. La figura 34 muestra el ensamblado de la boca de descarga. I

[Figura 34. Detalle del ensamblado de la boca de descarga.](#)

- Para fabricar la tapa de la boca de descarga, haga lo siguiente: i) recorte un círculo de 18 cm de diámetro, como se muestra en la figura 35; ii) corte una tira de chapa

de 50 cm de largo por 9 cm de ancho (figura 36); iii) el ensamblado de la tapa de la boca de descarga es igual al de la tapa de carga.

[Figura 35. Dimensión de la boca de descarga del silo.](#)

[Figura 36. Dimensiones de la lmina o chapa para confeccionar la boca de descarga del silo.](#)

- Las manijas o tiradores de las tapas se construyen de la siguiente manera: i) corte dos tiras de chapa de 22 cm de largo y 5 cm de ancho y corte dos tiras más de 22 cm de largo y 3 cm de ancho (figura 37); ii) coloque las lminas menores en medio de las mayores, doblelas y golpee los bordes; doble las tiras para formar los tiradores; perfore los tiradores y luego fije y pinte (figura 38); iii) coloque los tiradores en las tapas de las bocas de carga y descarga y fíjelos con remaches.

[Figura 37. Dimensiones de las manijas o tiradores de las tapas de la carga y descarga.](#)

[Figura 38. Detalle para confeccionar las manijas o tiradores.](#)

- Coloque el techo del silo de la siguiente manera: i) doble los bordes del techo en la marca, utilizando un alicate; ii) haga un agujero en el suelo de 20 cm de profundidad por 45 cm de diámetro (figura 39); iii) ponga el techo sobre el agujero;

coloque el cilindro sobre el techo; golpee con un martillo y un cincel; ponga un trozo de hierro como apoyo (figura 40).

[Figura 39. Detalle del agujero para apoyar el techo.](#)

[Figura 40. Forma de colocar el techo.](#)

- **Construya dos abrazaderas para reforzar el silo según los pasos siguientes: i) corte 3 1/2 tiras de chapa de 2 m de largo y 3 cm de ancho, como se muestra en la figura 41; ii) una las tiras usando el martillo y los remaches (figura 42); iii) corte las tiras en dos pedazos iguales; doble y ponga los remaches en las extremidades de la tira hacia el mismo lado según el diámetro del silo; perfore las puntas; lije y pinte las abrazaderas y las uniones con pintura anticorrosiva (figura 43); iv) atornille las abrazaderas en el cuerpo del silo a 40 cm y a 1,20 m de la base, como se muestra en la figura 44.**

[Figura 41. Detalle de cómo cortar las abrazaderas del silo.](#)

[Figura 42. Detalle de la unión de las tiras de las abrazaderas.](#)

[Figura 43. Terminación de las abrazaderas del silo.](#)

Figura 44. Forma de colocar las abrazaderas en el silo.

- El silo metálico se debe colocar sobre una tarima de madera y debe quedar protegido del sol y la lluvia.
- Solo es necesario pintar el silo cuando hay raspones.

Manejo del silo. Para almacenar con seguridad los granos en el silo metálico se debe tener cuidado de:

- limpiar las paredes, el techo y el piso del silo, y los alrededores del silo
- pulverizar con insecticidas el piso, las paredes internas y el techo del silo, según las dosificaciones especificadas en el folleto correspondiente a la conservación de granos
- comprobar si todos los granos están secos y limpios; para saberlo, haga un muestreo y determine la humedad e impurezas del producto; si los granos poseen una humedad superior a la especificada en el cuadro 2, seque los; si el porcentaje de impurezas es superior al recomendado para el almacenamiento, limpie el grano.
- llenar el silo con granos y hacer la fumigación y pulverización de la masa de granos
- durante el almacenamiento, maestrear y determinar la humedad de los granos cada 15 días. Si hay rehumedecimiento de los granos, proceda a secarlos; si hay ataque de insectos repita la operación de fumigación y pulverización.

Silo de hierro-cemento

Descripción y uso. El silo de hierro-cemento tiene la forma de cono y la base semejante a un casco esférico, lo que permite almacenar muchos granos en una pequeña construcción. Las paredes están hechas de un material formado por una tela de alambre, hierro de construcción y una mezcla o argamasa de cemento y arena. El silo de hierro-cemento se usa para almacenar granos a granel. La figura 45 muestra una vista externa de este tipo de silo.

[Figura 45. Vista externa del silo de hierro-cemento.](#)

Dimensiones. La capacidad de almacenaje de este silo depende de las dimensiones del cono truncado. Se recomienda construir silos con capacidad para almacenar de 2,5 a 7,5 m³ de granos. El costo de la inversión no se justifica para capacidades menores, y para tamaños mayores resulta difícil llenarlo, ya que aumenta la altura del silo. La figura 46 muestra las dimensiones de los silos de hierro-cemento con capacidad para almacenar 2,5 y 7,5 m³ de granos y en el cuadro 3 se detallan los materiales y sus cantidades respectivas para construirlos.

Material Necesario. Para un silo de hierro-cemento con capacidad para almacenar 5 m³ de granos o 4 toneladas de frijol o maíz se necesitan los siguientes materiales:

- 44 kg de hierro CA-50, diámetro de 0,6 cm.
- 15 sacos de cemento (50 kg).
- 0,6 m³ de grava o canto rodado, y 0,2 m³ de cascajo.
- Tela de alambre con malla de 5 cm e hilo con diámetro de 0,853 mm con 1,7 de altura y 17,0 m de largo.

Figura 46. Dimensiones de los silos de 2,5 y 7,5 m³ de capacidad.

CUADRO 3: Lista y cantidad de materiales que se requieren para la construcción del silo de hierro-cemento según su capacidad de almacenamiento

	Capacidad del silo (m ³)	
	2,5	7,5
Lista de materiales	Cantidad de material	
Fierro CA-50 con diámetro de 0,6 cm (kg)	32,0	50,0
Cemento (sacos de 50 kg)	12,0	19,0
Arena m ³	0,4	0,8
Grava o piedra partida (m ³)	0,1	0,3

Tela de alambre con malla de 5 cm y	1,5	2,0
0,853 mm de diámetro. Altura (m), largo (m)	13,0	19,0 .

Construcción. Elija para la construcción un lugar que esté próximo a la sede de la propiedad. El terreno debe estar limpio, nivelado y compactado. Las dimensiones del silo para 5 m³ de capacidad se muestran en las figuras 47 y 48.

- Marque la base del silo según el esquema de la Figura 49, trazando un círculo de 2,70 m de diámetro.
- Ponga cuatro clavos en los bordes del círculo según muestra la figura 50.
- Excave el suelo en forma de un casco esférico para construir los cimientos (figura 51).

[Figura 47. Dimensiones del silo de 5 m³ de capacidad.](#)

[Figura 48. Corte del silo de 5 m³](#)

[Figura 49. Detalle para marcar la base del silo.](#)

[Figura 50. Posición de los clavos para formar el círculo.](#)

[Figura 51. Detalle de la excavación para los cimientos del silo.](#)

- **Construya el contrapiso revistiendo todo el fondo de la base con una capa de 10 cm de tierra-cemento compactado. Para hacer la mezcla de tierra-cemento, basta con mezclar una parte de cemento con 12 partes de tierra arenosa y un poco de agua; la mezcla debe tener aspecto de harina gruesa. Compacte con un mazo de madera respetando la forma de la base (figura 52).**
- **Construya la estructura de madera con maderos de 1,50 m de largo, como lo muestra la figura 53. La pieza central debe quedar a plomo.**
- **Arme los hierros horizontales de la base y de lo alto de la pared. Ponga la primera tela (figura 54) y después la estructura de hierro vertical (figura 55).**
- **Arme la estructura de hierro horizontal y por último la segunda tela (figura 56).**
- **Amarre las telas y el herraje con alambre reforzado (figura 57).**
- **El esquema del herraje se muestra en la figura 58.**
- **La puerta de descarga se construye cortando la tela en el lugar escogido; sus dimensiones deben ser: 0,40 m por 0,60 m.**
- **Para los trabajos de hormigón de la base del silo, prepare una mezcla de una parte de cemento, 2,5 de arena y 2,5 de grava. Cubra ta base con hormigón de un espesor de S cm, siguiendo la forma del casco; empiece desde el borde hacia el centro y termine en la dirección de la salida lateral (figura 59).**
- **Cubra con hormigón las tapas superior y lateral del silo (figura 60).**

[Figura 52. Construcción de la base del silo.](#)

[Figura 53. Soportes necesarios para armar la tela y la herradura del silo.](#)

[Figura 54. Colocación de los fierros horizontales y de la tela de alambre.](#)

[Figura 55. Colocación de la herradura vertical.](#)

[Figura 56. Detalles de la herradura horizontal y de la segunda tela.](#)

[Figura 57. Detalle del amarre de las telas al herraje.](#)

[Figura 58. Esquema del herraje.](#)

- Para hacer la pared, prepare una mezcla con una parte de cemento y dos partes de arena. Aplíquela con la mano cerrando la tela y asegurándose de que la armadura de hierro quede bien cubierta por la mezcla de cemento y arena (figura 61). Se recomienda usar un trozo de madera flexible en la pared interna para poner la mezcla. La cantidad de agua que se usa en la mezcla es muy importante en esta etapa; para controlar la consistencia de la mezcla, basta con apretarla un poco entre las manos; la marca de los dedos debe quedar en la mezcla sin que escurra agua. Se puede usar un poco de material arenoso o cal para hacer más fácil su aplicación.

[Figura 59. Aplicación de concreto a la base del silo.](#)

[Figura 60. Detalle para cubrir con hormigón las tapas del silo.](#)

[Figura 61. Cómo colocar la mezcla que formará la pared.](#)

- **Retire la estructura de madera. Prepare una mezcla con una parte de cemento y una de arena para aplanar o estucar la pared. Primero aplane la pared interna y después la externa (figura 62).**
- **Haga la cura de la pared mojiéndola tres veces al día, durante 5 días (figura 63). La cura es muy importante para la resistencia de la pared del silo.**
- **Haga un canal de desagüe alrededor de la pared para evitar que el agua penetre en el silo y dañe los granos.**

[Figura 62. Detalle para aplanar o estucar la pared.](#)

[Figura 63. Curado de la pared.](#)

- **Antes de cargar el silo, cierre la abertura lateral con una tapa de hormigón armado con tela. Ponga un trozo de madera atravesando la abertura y apoyándose en la pared interna. Se fija la tapa lateral con un tornillo clavado en esa madera. Para cerrar, use argamasa (figura 64).**
- **Con una hoja metálica que se fija en la pared, coloque una protección contra la lluvia para la puerta de descarga. Haga una tolva alrededor de la puerta de descarga**

para facilitar la salida del grano (figura 65).

[Figura 64. Detalles para confeccionar las tapas del silo.](#)

[Figura 65. Vista externa del silo con la tolva.](#)

Manejo del silo. Para que los granos queden almacenados con seguridad en el silo de hierro-cemento se deben respetar las siguientes instrucciones.

- **Limpiar las paredes y barrer el piso del silo.**
- **Limpiar alrededor del silo.**
- **Pulverizar las paredes internas y el piso del silo con insecticida.**
- **Determinar la humedad de los granos y comprobar si los granos están secos, observando los valores del cuadro 2.**
- **Poner los granos en el silo, hacer una aplicación de insecticida y colocar la tapa en la pared superior.**
- **Hacer un muestreo y determinar la humedad del producto almacenado. Si hay ataque de insectos, repetir la aplicación de insecticida.**

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiete ▶](#)

Silo de suelo-cemento "joro-de-barro" (hornero)

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)

Descripción y uso. Este silo consiste en una construcción de forma cilíndrica, revestida interna y externamente con bambú y elevada a 80 cm del nivel del suelo. Para la sustentación del silo se utilizan estacas de madera. Para el techo se pueden usar distintos materiales, como paja, hojas de palma o tejas. La Figura 66 muestra una vista general de este silo. El silo de suelo-cemento "joro-de barro" (hornero) es un depósito para almacenar granos a granel y maíz en mazorcas.

[Figura 66. Silo de suelo-cemento "joro-de-barro"](#)

Dimensiones. La capacidad de almacenamiento del silo de suelo-cemento depende de la altura de la pared y de su diámetro. Se recomiendan las dimensiones que se señalan en el cuadro 4.

Las especificaciones para las estacas de sustentación del silo se proporcionan en el cuadro 5 en la página siguiente.

CUADRO 4: Dimensiones recomendadas para el silo de suelo-cemento y capacidad de almacenamiento para algunos productos

Diámetro interno del silo (m)	Altura de la pared (m)	Capacidad del silo (m)	Capacidad del silo (sacos de 60 kg)		
			Maíz	Arroz	Frijol
2,0	2,0	6,3	78	63	80
2,5	2,0	9,8	122	98	125
3,0	2,0	14,1	176	141	180

CUADRO 5: Especificaciones para las estacas de sustentación del silo de suelo-cemento de acuerdo con el diámetro interno del silo

Diámetro interno del silo (m)	Número de las estacas laterales	Distancia entre las estacas (m)
2,0	6	1,15

2,5 3,0	8 10	1,06 1,00
------------	---------	--------------

Material necesario. Para construir este silo con 2,5 de diámetro, altura de la pared de 2,0 m y capacidad para almacenar 9,8 m³ de granos (equivalentes a 122 sacos de maíz) se necesitan los siguientes materiales:

- 8 postes de 15 a 20 cm de diámetro y 3,50 m de largo;
- 1 poste de 15 a 20 cm de diámetro y 2,70 m de largo;
- 1 poste de 15 a 20 cm de diámetro y 1,40 m de largo;
- 1 poste de 10 cm de diámetro y 2,0 m de largo;
- 8 postes de 10 cm de diámetro y 1,0 m de largo;
- 8 m de listón de 3 por 3 cm;
- 6 m² de tablas de 3 cm de espesor para hacer el piso del silo y la puerta de descarga;
- 7 docenas de cañas/bambú maduro con diámetro alrededor de unos 4 cm;
- 75 m de hierro de construcción CA-60 de 6 mm de diámetro;
- 125 m de alambre galvanizado de 0,64 mm de diámetro aproximadamente;
- 17 m² de tela de nylon de malla fina;
- 10 m de tiras de cámara de neumático;
- Barreras contra roedores;

- 4 sacos de cemento de 50 kg;
- 2 m² de tierra sin materia orgánica.

En la lista no se incluye el material para hacer la cobertura del silo, o sea el techo de paja o teja para protegerlo de la intemperie.

Construcción. Elija para la construcción un sitio plano y limpio, de preferencia cercano a la sede de la propiedad y siga los siguientes pasos.

- Marque la obra haciendo un círculo de 2,7 m de diámetro. Marque en el círculo los sitios donde se pondrán los postes a cada 1,06 m de distancia.
- Excave 9 agujeros de 60 cm de profundidad en cada punto y clave los postes de sustentación. Los postes se deben quemar superficialmente hasta una altura de 60 cm o, en su defecto, utilizar un conservador para madera para aumentar su vida útil.
- Haga dos ranuras de ensamble en cada poste (figura 67).
- En los dos postes que sustentarán la viga principal del piso haga tres ranuras, como muestra la figura 68.
- En el poste central haga una ranura o ensamble en la parte superior (figura 69).

[Figura 67. Detalle de las ranuras de los postes de sustentación.](#)

[Figura 68. Detalle de las ranuras de los postes de sustentación de la viga principal.](#)

[Figura 69. Esquema de la ranura en el poste central.](#)

- **Ensamble los ocho postes laterales usando los postes de 10 cm de diámetro y acople la viga principal (figura 70).**
- **Haga el piso distribuyendo las tablas y clavándolas al poste central y en los postes laterales.**
- **Haga la puerta de descarga clavando un poste de 10 cm de diámetro y 2 m de largo, a 45 cm de uno de los postes de sustentación. Clave dos viguetas con un espacio entre ellas de 3 cm de cada tronco para formar las guías. Ponga 10 tablas de 3 cm de espesor, 20 cm de ancho y 45 cm de largo en la guía para formar la puerta (figura 71).**

[Figura 70. Esquema de la estructura básica del silo.](#)

[Figura 71. Esquema para la construcción de la puerta de descarga.](#)

- **Haga el armazón de las paredes del silo con el hierro de construcción por dentro y por fuera del silo, fijándolo con clavos a 10 cm, 70 cm, 1,30 m y 1,90 m del piso (figura 72)**
- **Haga la cerca de la pared rajando las cañas de bambú en el medio y atándolas**

con alambre galvanizado al hierro de la construcción. La parte lisa del bambalón debe quedar hacia afuera en el exterior del silo y hacia adentro en el interior (figura 73).

Figura 72. Esquema del armazón de las paredes del silo.

Figura 73. Esquema para la formación de la cerca.

- Rellene la pared del silo con una mezcla de tierra-cemento en una proporción de 1:15. El llenado de la pared debe hacerse por capas de 20 cm como máximo. Cure la pared mojiéndola 12 horas después de su llenado y tres veces al día durante una semana.
- Fabrique la cubierta del silo con la tela de nylon, atando el sobrante de la tela con la tira de la cámara de aire de neumático.
- Construya el techo del silo a dos aguas. La distancia entre el alero del tejado y la pared externa del silo debe ser de 70 cm como mínimo.
- Ponga barreras contra roedores en cada poste de sustentación del silo y el techo.

Manejo del silo. Para almacenar los granos con seguridad en el silo "joto-de-barro" (hornero) se necesita observar algunos requisitos básicos. Por ejemplo:

- limpiar las paredes y barrer todo el piso antes de introducir los granos;
- limpiar alrededor del silo; eliminar las goteras;

- **pulverizar las paredes internas y el piso del silo con insecticida;**
- **antes de introducirlos en el silo, comprobar si los granos están secos y limpios;**
- **después de llenar el silo, tratar con insecticida la masa de granos;**
- **pulverizar la superficie de la masa de granos con insecticida;**
- **hacer un muestreo de los granos y determinar el contenido de humedad cada 15 días. Si hay ataque de insectos, repetir la aplicación de insecticida.**

Trojes para almacenar maíz en mazorcas

a) Troje de bambú o listones

Descripción. Este troje puede ser construido con bambú o listones de madera, dependiendo de la facilidad del agricultor para adquirir el material. Es de fácil construcción y se aprovechan los recursos locales. Para el techo se pueden utilizar hojas de palma. La Figura 74 muestra una vista general de este troje

[Figura 74. Vista general del troje para almacenar maíz en mazorcas.](#)

Uso. El troje es un depósito adecuado para almacenar mazorcas, pero para un almacenamiento seguro, el maíz debe estar seco.

Dimensiones. Su tamaño depende de la cantidad de maíz en mazorcas que se quiere almacenar. Cada metro cúbico de área útil del troje tiene capacidad para almacenar aproximadamente de 400 a 450 kg de maíz en mazorcas.

Material necesario. Para construir un troje de listones con capacidad para almacenar cerca de 2 toneladas de mazorcas se necesitan los siguientes materiales:

- 6 postes de eucalipto de 20 cm de diámetro y 3,20 m de largo.
- 1 trozo de madera rolliza de 15 cm de diámetro y 20 cm de largo.
- 13 maderos de 4 por 6 cm por 75 cm de largo.
- 6 maderos de 4 por 6 cm por 1,20 de largo.
- 2 maderos de 4 por 6 cm por 1,30 m de largo.
- 30 m de listones de 1,5 por 5 cm.
- 24 m de tablas de 6 por 2 cm.
- 1 tabla de 35 por 30 cm, de 2 cm de espesor.
- 2 tablas de 20 por 30 cm, de 2 cm de espesor.
- 8 docenas de bambú seco o listones de madera de 4 cm de diámetro.
- 1 par de bisagras de 7 cm de altura.
- clavos.

- **1 cerradura con un candado.**
- **20 m de alambre de 2,59 mm de diámetro o alambre de púas.**
- **alambre galvanizado de 0,64 mm de diámetro aproximadamente.**
- **grapas para fijar el alambre.**
- **1 lmina o chapa galvanizada de 0,45 espesor.**
- **paja.**
- **1 palangana de aluminio de 40 cm de diámetro.**
- **6 barreras contra roedores, de chapa metálica.**

Construcción. Elija el sitio para la construcción del troje de preferencia cercano a la sede de la propiedad. A continuación siga los siguientes pasos:

- **Limpie y nivele el terreno.**
- **Para marcar la obra, utilice un alambre de 80 cm de largo. Haga una argolla en cada extremidad del alambre. La longitud total del alambre debe ser de 75 cm. Use dos clavos para hacer el círculo, según muestra la figura 75.**
- **Retire el clavo del centro y marque los demás puntos del círculo hasta completar seis (figura 76).**
- **Excave agujeros de 40 cm de profundidad en cada punto (figura 77).**
- **Prepare los postes de eucalipto, descascarándolos y quemándolos superficialmente hasta una altura de 40 cm.**

[Figura 75. Detalle de cómo marcar la obra.](#)

[Figura 76. Esquema para la colocación de los postes.](#)

[Figura 77. Dimensiones de los agujeros para colocar los postes.](#)

- Coloque los postes en los agujeros, sujetándolos provisionalmente con horquillas. Compacte el terreno y enseguida saque las horquillas de sustentación.
- Clave 6 maderos de 75 cm de largo en la parte superior de los postes (figura 78).
- Haga 2 ranuras o ensambles de 4 por 6 cm en cada poste a 80 cm del suelo (figura 79).
- Clave 6 maderos de 75 cm de largo en los ensambles (figura 80).

[Figura 78. Detalle de cómo quedan los maderos en los postes.](#)

[Figura 79. Detalle de las ranuras en los postes.](#)

[Figura 80. Detalle de cómo clavar los 6 maderos.](#)

- Ensamble los 2 maderos de 1,30 m a 75 cm del piso. Clave los maderos de 1,30 m. Estos maderos tienen por finalidad sustentar el piso del troje (figura 81).
- Para construir el piso se debe distribuir el bambú sobre los maderos de

sustentación y amarrarlo a los maderos con alambre galvanizado (figura 82).

[Figura 81. Detalle de cómo sustentar el piso del troje.](#)

[Figura 82. Detalle de cómo confeccionar el piso.](#)

- Para construir la puerta de descarga, siga los siguientes pasos: i) haga los ensambles para el madero de 75 cm de largo a 30 cm del piso y acople el madero, como muestra la figura 83; ii) clave las dos tablas de 20 por 30 cm de largo en los maderos (figura 84); iii) coloque la tabla de 35 por 30 cm de largo para hacer la puerta y ponga los goznes y la cerradura (figura 85).

[Figura 83. Detalle del ensamble para hacer la puerta de descarga.](#)

[Figura 84. Vista detallada de cómo colocar las tablas.](#)

[Figura 85. Vista de la puerta de descarga.](#)

- Construya las paredes laterales de la siguiente manera: i) clave las viguetas sobre el piso del troje y la puerta por dentro y por fuera formando una canaleta (figura 86); en lo alto del troje clave las por dentro (figura 87); ii) pase el alambre de 2,59 cm de diámetro alrededor de los postes a 60 cm del piso del troje y después páselo otra

vez a 1,30 m del piso (figura 88); el alambre se fija a los postes con las grapas; iii) coloque el bambú amarrándolo al alambre usando el alambre galvanizado (figura 89); iv) clave las tablas de fuera en la parte superior del troje (figura 90).

[Figura 86. Vista general del piso.](#)

[Figura 87. Vista de la parte superior del silo.](#)

[Figura 88. Forma de colocar los alambres en el troje.](#)

[Figura 89. Forma de colocar el bambú.](#)

[Figura 90. Detalles de la terminación superior del troje.](#)

- Construya la cobertura de acuerdo con las siguientes instrucciones: i) haga seis ranuras o ensamblajes en la madera rolliza de 20 cm de largo; ensamble los maderos y clavelos (figura 91); ii) clave los listones sobre los maderos dejando un espacio de 25 cm entre cada listón, según muestra la figura 92; iii) deje una abertura entre dos maderos para el llenado del troje (figura 93); iv) recorte un pedazo de chapa galvanizada del mismo tamaño de la abertura; doble la parte menor de la chapa para encajarla en el listón y ponga la chapa en la abertura de carga del troje (figura 94); v) coloque la cobertura sobre el troje y fije los maderos (figura 95); el alero del

techo debe tener 40 cm; vi) cubra con paja amarrándola al techo; la paja debe cubrir también la tapa de carga (figura 96); para cubrir el troje se puede usar también hojas de palma; vii) coloque la tapa o gorro de aluminio en lo alto del techo y clévelo en la madera (figura 97).

[Figura 91. Detalle del ensamble de la cobertura.](#)

[Figura 92. Colocación de los listones del techo.](#)

[Figura 93. Abertura para el llenado del troje.](#)

[Figura 94. Colocación de la chapa que formará la boca de carga del troje.](#)

[Figura 95. Detalle de la forma en que queda la estructura del techo.](#)

[Figura 96. Cómo cubrir el troje.](#)

[Figura 97. Colocación de la tapa o gorro de aluminio.](#)

- Ponga una barrera contra roedores en cada poste de sustentación del troje (figura 98).

[Figura 98. Colocación de las barreras contra roedores.](#)

Manejo del troje. Para almacenar el maíz en mazorcas en el troje de bambú o listones de madera y mantenerlo seco y protegido de insectos y ratones, se deben seguir las siguientes instrucciones.

- Limpiar las paredes y el techo y barrer el piso del troje antes de colocar los granos.
- Limpiar alrededor del troje.
- Pulverizar el piso, paredes y techo del troje usando insecticida.
- Comprobar si los granos están secos antes de poner las mazorcas en el troje. Para saber si los granos están secos, desgrane algunas mazorcas y determine el contenido de humedad de los granos; si la humedad es superior al 13 por ciento, seque las mazorcas en el patio.
- Fumigue las mazorcas de maíz antes de colocarlas en el troje.
- Coloque las mazorcas en el troje. Evite almacenar mazorcas dañadas.
- Pulverice la superficie superior de las mazorcas y las paredes externas del troje con insecticida.
- Inspeccione las mazorcas durante el almacenamiento por lo menos una vez al mes.

Desgrane algunas mazorcas y determine la humedad de los granos. Haga un control de insectos y roedores cuando sea necesario.

b) Troje de tablas

Descripción y uso. El troje de tablas es un depósito para el almacenamiento de maíz a granel y en mazorcas. Su construcción es fácil y se pueden aprovechar los recursos que existen en la localidad. Se puede construir con listones de madera dejando pequeños espacios para permitir la ventilación y, por lo tanto, sirve también para completar el secado del producto. Para obtener mejores resultados en el secado y en el almacenamiento de los productos, el troje debe ser construido en forma transversal a los vientos dominantes, sin ser muy ancho. El piso debe quedar a unos 80 cm por encima del suelo, apoyado en pilares de madera o de albañilería. El techo debe tener aleros de por lo menos 40 cm, para proteger el troje de la lluvia y el exceso de sol (figura 99).

[Figura 99. Vista externa del troje de tablas.](#)

Dimensiones. Las dimensiones dependen de la cantidad de maíz que se quiere almacenar y pueden variar de acuerdo al cuadro 6, para una altura de la pared de 3 m.

CUADRO 6: Dimensiones del troje de tabla, de acuerdo con su capacidad de almacenamiento

Ancho (m)	Largo (m)	Capacidad (m ³)
2	2	12,0
2	4	24,0

4	4	48,0
4	6	72,0

Nota: 1 m² de maíz en mazorcas (coronta) corresponde a cerca de 450 kg.

Material necesario: Para un troje de 4 m de largo por 4 m de ancho y 3 m de altura, con capacidad para almacenar 48 m² de maíz en mazorcas o 21,6 toneladas, son necesarios los siguientes materiales:

- 8 postes de 20 cm por 20 cm y 4,70 m de largo.
- 1 poste de 20 cm por 20 cm y 1,40 m de largo.
- 8 viguetas de 7,5 cm por 7,5 cm y 3 m de largo.
- 8 vigas de 15 cm por 10 cm de 2 m de largo.
- 4 vigas de 15 cm por 10 cm de 4 m de largo, para sustentación del piso.
- 80 tablas de 2,5 cm de espesor y 20 cm de ancho y 4 m de largo.
- 10 m de listones de 2,2 cm por 7,5 cm.
- 4 listones de 2,0 por 3,0 cm y 1,60 m de largo.
- 5 goznes o bisagras, 2 cerraduras y barreras contra ratones.

En el listado no se incluye el material del techo que puede ser de teja de cerámica o de asbesto cemento.

Construcción: Para la construcción seleccione un lugar cercano a la propiedad, el que debe estar limpio, nivelado y compacto.

- Mida y marque el local de la obra, que debe tener 4 m de ancho por 4 m de largo. Marque a cada 2 m el lugar donde se pondrán los postes de sustentación.
- Excave 8 agujeros de 25 por 25 cm con 65 cm de profundidad y ponga 5 cm de grava en cada agujero.
- Haga ranuras o chaflanes de 7 cm por 7 cm en los postes de las esquinas del troje a 1,70 m de la extremidad, como muestra la figura 100.
- Ponga los 8 postes en los agujeros, con los chaflanes de los postes de las esquinas hacia adentro. Pinte con aceite quemado 60 cm de la base de cada poste de sustentación, para evitar que se pudran.
- Haga dos ranuras o ensambles en cada poste de 4,70 m de largo, como muestra la figura 101. Los dos postes del medio tendrán tres ensambles y los cuatro postes de las esquinas tendrán ensambles en dos caras vecinas.
- Clave las vigas de sustentación del piso después de hacer los ensambles, según la figura 102.
- Clave las vigas de 15 cm por 10 cm para sustentación del techo.

[Figura 100. Esquema de las ranuras o chaflanes de los postes de las esquinas del troje.](#)

[Figura 101. Esquema de las ranuras de los postes de sustentación del troje.](#)

Figura 102. Detalle de la colocación de las vigas de sustentación del piso.

- Construya la puerta interna del troje. Encaje una vigueta de 7,5 por 7,5 cm por 3 m de largo a 1 m de los postes de sustentación. Clave dos listones espaciados a 3 cm en cada poste hasta una altura de 2 m para formar las guías. Coloque las tablas de 1 m de largo por 20 cm de ancho en la guía.
- Construya las puertas externas. Corte 5 tablas de 2 m de largo y 28 cm de ancho. Clave 3 listones de 1 m de largo para formar la puerta y ponga tres goznes, uno en el centro y los otros a 20 cm de las extremidades de las puertas. Ponga la cerradura.
- Ensamble las viguetas de 7,5 por 7,5 cm por 3 m de la largo a cada metro de los postes de sustentación (figura 103).
- Construya el piso distribuyendo y clavando las tablas en las vigas laterales y en la viga central de acuerdo con la figura 104.
- Levante las paredes de tablas. Haga chaflanes de 45 grados en todas las tablas para que se forme una persiana cuando ya estén clavadas. Fije la primera tabla con clavos. Fije la segunda tabla dejando un espacio de 2 a 3 cm desde la primera y continúe así hasta alcanzar la viga del techo (figura 105).
- Construya el techo a dos aguas, dejando un alero de 40 cm. El espacio entre los listones que forman la escuadra o tijera debe tener como máximo 2 m (figura 106).
- Coloque barreras contra roedores en cada poste de sustentación del troje.

[Figura 103. Detalle de la colocación de las viguetas.](#)

[Figura 104. Esquema de cómo colocar el piso del troje.](#)

[Figura 105. Esquema para la formación de las paredes de tablas.](#)

[Figura 106. Detalle de la estructura del techo.](#)

Manejo. Para almacenar con seguridad el maíz en mazorcas en el troje de madera se deben tener en cuenta las siguientes instrucciones.

- Limpiar las paredes, el techo y barrer el piso del troje.
- Limpiar alrededor del troje.
- Pulverizar las paredes internas, el techo y el piso del troje con un insecticida adecuado.
- Determinar la humedad de los granos, desgranando algunas mazorcas. Si la humedad de los granos de maíz es superior al 13 por ciento, secar las mazorcas antes de almacenarlas.
- Controlar la presencia de insectos en el maíz antes de ponerlo en el troje.
- Pulverizar la superficie del maíz y las paredes externas del troje con un insecticida adecuado.
- Por lo menos una vez al mes hacer un muestreo y determinar la humedad del maíz

almacenado. Si hay un ataque de insectos, repetir la aplicaci3n de insecticida.

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiete ▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

Silo de alba3iler3a

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiete ▶](#)

Descripci3n y uso. Es una construcci3n de alba3iler3a de forma cil3ndrica, con una abertura en la parte superior para la carga y otra en la parte inferior para la descarga del silo (figura 107). Este silo se usa para almacenar granos a granel. Conserva bien el producto y facilita el control de los insectos. El techo puede ser construido de tejas de asbesto-cemento, de barro o de paja.

[Figura 107. Vista externa del silo de alba3iler3a.](#)

Dimensiones. El tama3o del silo depende de la cantidad y especie de grano que va a ser

almacenado. En el cuadro 7 se proporcionan las dimensiones y la capacidad de algunos silos de albañilería.

CUADRO 7: Dimensiones del silo de albañilería de acuerdo con su capacidad de almacenamiento

Diámetro (m)	Altura (m)	Volumen (m ³)	Capacidad (sacos de 60 kg)
2,70	2,30	13,2	165
2,70	3,50	20,0	251
3,60	3,50	35,6	445
4,50	3,50	55,7	696
5,50	3,50	83,2	1,039
5 50	4,60	109,3	1,366
5 50	5,80	137,8	1,722
6,40	4,60	148,0	1,850
6,40	5,80	186,6	2,232
6,40	6,90	222,0	2,775

Para capacidades mayores de 30 m³ el silo de albañilería debe contar con un sistema de aireación.

Para calcular la capacidad estática de un silo se debe conocer el peso específico de los diferentes productos; el peso específico es el peso de una masa de granos contenida en un determinado volumen. En el cuadro 8 se muestra el peso específico de algunos productos.

CUADRO 8: Peso específico de varios productos

Producto	kg/m ³
Cacahuete sin cáscara	340
Cacahuete con cáscara	290
Arroz sin cáscara	750
Arroz con cáscara	580
Café beneficiado	600
Frijol	750
Maíz	750
Soja	800

Trigo

800

Fuente: Puzzi, 1977.

Material necesario. Para construir un silo de albañilería con sistema de aireación, con un diámetro de 3,9 m y una altura de 4,5 m, con un volumen de 37,7 m³ o sea una capacidad para almacenar 28 toneladas de maíz o 22 toneladas de arroz con cáscara, se requieren los siguientes materiales:

- 36 sacos de cemento (50 kg).
- 25 kg de cal.
- 3 m³ de arena sin materia orgánica.
- 2 m³ de arena lavada.
- 6,000 ladrillos macizos.
- 6 m³ de grava o canto rodado del número 2.
- 1/2 m³ de piedra de mano.
- Ventilador axial con flujo de 7 m³/min. y presión estática de 14 mm de columna agua.
- 2 chapas galvanizadas de 1 por 2 m con un mínimo de 10% de área perforada. Las perforaciones deben tener como máximo 2 mm de diámetro.
- 70 m de alambre con un diámetro aproximado de 1,98 mm.

- 2,80 m de hierro de construcción CA-50, de 6 mm de diámetro.
- 70 m de hierro de construcción CA-50, de 4 mm de diámetro.
- Un pedazo de chapa galvanizada de 40 por 90 cm, espesor de 1,65 mm.
- Un trozo de tubo o caño de hierro de 15 cm de diámetro y 65 cm de largo.
- 24 m de hierro de construcción CA-50, de 13 mm de diámetro.
- 2,80 m de tablas, de 1 1,5 por 2,5 cm.
- Un trozo de madera terciada de 15 mm de espesor de 70 por 70 cm.
- 2,80 m de listones de madera de 2 por 3 cm.
- 1 cerradura
- 15 m² de malla de nylon, con orificios de 15 por 15 mm.
- 2 goznes o bisagras.
- Un pedazo de tela metálica de malla de 6 por 6 mm.
- 1/2 litro de pintura anticorrosiva.

No se incluye el material necesario para construir el techo del silo y del ventilador, que puede ser de lámina de asbesto-cemento o galvanizada, o de teja de barro.

Construcción. Para la construcción del silo seleccione un sitio que esté cerca de la propiedad, en un lugar alto y protegido. La capa freática deberá estar a más de 1 m de profundidad con el fin de que el terreno permanezca seco durante la época de lluvias y para que al hacer las excavaciones, éstas no se llenen de agua.

- Limpie y nivele el terreno. El área que va a limpiar debe tener como mínimo el doble del área que se va a construir.
- Marque la obra, haciendo un círculo interno con radio de 1,95 m y un círculo externo con radio de 2,35 m.
- Haga los cimientos del silo. Excave una zanja de 40 cm de ancho y una profundidad de 20 a 50 cm, dependiendo del tipo de suelo. Compacte el fondo de la zanja y llene con hormigón con 30 por ciento de piedra de mano, hasta alcanzar el nivel del terreno.
- Construya el anillo de la base del silo, levantando dos paredes paralelas de medio ladrillo de espesor, de 65 cm de altura, arriba de los cimientos, espaciándolas a 20 cm. Llene el espacio de las paredes con hormigón como lo muestra la figura 108.
- Coloque tierra dentro del círculo del silo y apisone hasta 15 cm de su borde. Añada una capa de 5 cm de grava o de canto rodado (figura 109).
- Marque los ductos de aireación de acuerdo con el esquema de la figura 110.

[Figura 108. Construcción de la base del silo.](#)

[Figura 109. Detalle de la base del silo.](#)

[Figura 110. Esquema de los ductos de aireación.](#)

- Construya dos paredes de medio ladrillo de espesor con espacios de 45 cm y de 10

cm de altura para formar los ductos de aireación. La superficie de la capa de piedras se debe nivelar con arena y los ladrillos se pegan con mezcla o argamasa. La parte externa de las paredes debe sustentarse con estacas espaciadas a 50 cm. Llene las zanjas con hormigón hasta alcanzar el nivel superior de los ladrillos.

- Construya las paredes de los ductos de aireación, espaciándolas a 25 cm y con una altura de 10 cm. El revestimiento interno de las paredes y del piso del ducto se buce con argamasa. Cubra los ductos de aireación con chapa perforada de 30 cm de ancho y 0,90 mm de espesor.
- Construya la boca de descarga del silo con el tubo de hierro de 65 cm de largo. Corte uno de los extremos del caño dejando un ángulo de 45 grados (figura 111).

Figura 111. Detalle de la boca de descarga del silo.

- Corte un círculo de chapa galvanizada de 1,65 mm de espesor y 25 cm de diámetro. Corte el interior del círculo a 5 cm del borde para hacer el apoyo de la boca de descarga y haga cuatro agujeros en el apoyo, a la misma distancia uno del otro. Suelde el apoyo en el ducto de descarga.
- Corte un círculo de chapa galvanizada de 1,65 mm de espesor y 25 cm de diámetro con una prolongación de 15 cm de largo, para hacer la tapa de la descarga. Haga tres orificios en la prolongación y ponga un mango de madera. Haga cuatro agujeros en la tapa y atorníllela en la boca de la descarga (figura 112).

[Figura 112. Detalle de la tapa de la descarga del silo.](#)

- Construya el piso del silo poniendo una capa de 10 cm de grava o piedra de cantera. Nivela con arena y asiente el ducto de descarga (que debe formar un ángulo de 45 grados con la pared) con mezcla o argamasa. La extremidad del ducto, cortada en ángulo, debe quedar a 28 cm de la pared externa del anillo y contiguo al piso. Levante una pared de ladrillos de 10 cm en el borde del anillo y llene con hormigón para formar el piso de 10 cm de espesor. El revestimiento del piso se hace con argamasa (figura 113).
- Levante las paredes del silo de medio ladrillo de espesor a 15 cm del borde del anillo. Construya franjas de hormigón a 10 cm de alto, a 40 cm, 1,40 m y a 2,40 m del piso del silo.
- Coloque el marco de la puerta de carga de 70 por 70 cm, a 3,10 m del piso. Termine las paredes con una franja a 3,90 m del piso (figura 114).

[Figura 113. Como colocar el ducto de descarga y construcción del piso del silo.](#)

[Figura 114. Detalle de las franjas de concreto y asentamiento de la puerta del silo.](#)

- Haga una escalera dentro y fuera del silo usando 24 trozos de hierro de la construcción de 13 mm de diámetro por 90 cm de largo. Doble los pedazos de hierro y fíjelos en la pared a 30 cm de distancia uno del otro, desde 50 cm del piso.

- **Ponga la puerta en las guías o marcos.**
- **Instale el conjunto de motor y ventilador construyendo la base de albañilería de 50 cm de alto por 30 cm de ancho por 50 cm de largo. Construya la unión del ventilador con el ducto, con chapa galvanizada de 1,65 mm de espesor, con un largo de 1,5 veces el diámetro de la boca de salida del ventilador. Fije con tornillos el conjunto de motor y ventilador a la base de albañilería. Ponga una tela metálica con malla 6 por 6 mm en la entrada del ventilador. Haga la instalación eléctrica.**
- **Haga una cubierta de seguridad para el conjunto del motor y ventilador con el objeto de protegerlos de la lluvia.**
- **Estuque y pinte con cal las paredes internas y externas del silo.**
- **Construya una acera de 70 cm alrededor del silo con S por ciento de declive.**
- **Construya un techo a cuatro aguas para el silo, de manera que la puerta de descarga quede debajo de un alero. La distancia entre el alero del tejado y la pared externa del silo debe tener como mínimo 40 cm. Ponga la tela de nylon entre el alero del techo y el silo (figura 115).**

[Figura 115. Vista externa del silo de albañilería.](#)

Manejo del silo. Para almacenar granos en el silo de albañilería se deben seguir las siguientes instrucciones.

- **Limpiar las paredes, el techo del silo y barrar el piso.**

- **Limpiar alrededor del silo.**
- **Pulverice con insecticida el piso, paredes internas y techo del silo.**
- **Antes de poner los granos en el silo, compruebe si están secos y limpios, maestreando la masa de granos.**
- **Ponga los granos en el silo.**
- **Haga una aplicación de insecticidas en la masa de granos.**
- **Haga el muestreo y determine el nivel de humedad de los granos durante el almacenamiento de 15 en 15 días. Si hay ataque de insectos repita la aplicación de insecticida.**

El manejo adecuado de un sistema de aireación es uno de los requisitos básicos para garantizar el éxito del almacenamiento de los granos. El principal objetivo de la aireación en los países con inviernos y veranos bien definidos es disminuir la temperatura de la masa de granos; por ello, se debe conectar el ventilador siempre que sea posible, en las primeras horas de la noche. Por otra parte, en los países tropicales y subtropicales, la aireación debe efectuarse con mucho cuidado, considerando que los granos se pueden humedecer en el silo y causar serios problemas si se presentan períodos con alta humedad relativa. Por lo tanto, en todos los casos en que se utilice la aireación se debe conocer la humedad relativa del aire, la cual siempre debe estar por debajo del 70 a 75 por ciento.

Silo metálico

Los silos metálicos son muy conocidos en el Brasil y en otros países para almacenar grandes y medianos volúmenes de granos. Su capacidad unitaria de almacenamiento puede variar desde 7 hasta 6.200 toneladas de granos de acuerdo con las necesidades. Además, permiten la ampliación gradual de la capacidad de almacenamiento a través de la instalación de nuevas unidades adicionales. Estos silos son construidos generalmente de láminas o chapas metálicas lisas o corrugadas, de hierro galvanizado o de aluminio. Pueden tener fondo plano o cónico; en los silos de fondo plano, la descarga se realiza con equipo mecánico y en los silos de fondo cónico, se efectúa por gravedad. Los equipos para cargar y descargar los granos pueden ser portátiles o fijos, siendo común el uso de elevadores de cangilones y transportadores helicoidales o neumáticos.

En las regiones tropicales y subtropicales, la radiación solar que incide en las paredes externas del silo puede causar condensación del vapor de agua en las paredes internas. Para evitar que esto ocurra, los silos metálicos deben contar con un sistema de

termometría y aireación. El sistema de termometría debe detectar rápida y eficientemente la existencia de focos de calentamiento en la masa de granos. El sistema de aireación debe ser capaz de enfriar la masa de granos para evitar su deterioro. La figura 116 muestra un silo metálico con sistema de aireación y la figura 117 una vista externa del silo. El cuadro 9 presenta las dimensiones y capacidades de algunos silos metálicos comerciales.

[Figura 116. Esquema de un silo metálico con sistema de aireación.](#)

[Figura 117. Silo metálico con piso plano, con equipo portátil para transportar los granos.](#)

CUADRO 9: Dimensiones y capacidad de silos metálicos comerciales

Diámetro (m)	Altura del cilindro (mm)	Altura total (mm)	Volumen total (m ³)	Capacidad (t)
5,50	5.912	7.353	151,6	119,4
5,50	7.584	9.024	191,3	150,7
5,50	8.420	9.860	211,2	166,3
6 40	5.912	7.612	208,0	163,8

6 40	7.584	9.284	262,0	206,3
6,40	10.092	11.792	343,0	270,1
8 24	5.912	8.142	353,6	278,5
8 24	7.584	9.814	443,0	348,9
8,24	10.092	12.322	577,1	454,5
9,16	5.912	8.412	441,4	347,6
9 16	7.584	10.084	551,8	434,5
9 16	10.092	12.592	718,3	565,6
11,00	5.912	8.932	650,5	511,9
11,00	7.584	10.604	809 5	637,0
11,00	10.092	13.112	1.047,8	825,0
12,83	7.418	10.973	1.100,6	866,7
12 83	10.172	13.727	1.456,9	1.147,3
12 83	12.926	16.481	1.813,2	1.427,9
14,60	7.418	11.478	1.449,5	1.141,5
14,60	10.172	14.232	1.910,5	1.504,5

14,60	14.762	18.822	2.679,0	2.109,7
18 30	9.254	14.386	2.842,8	2.238,7
18 30	12.926	18.058	3.808,6	2.999,3
18,30	19.352	24.484	5.498,8	4.330,3

Nota: El volumen total fue calculado con \diamond ngulo de reposo del cereal de 27 grados, y la capacidad se bas \diamond en granos con peso espec \diamond fico de 0,75 t/m \diamond .

Almacenamiento de granos ensacados

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

Almac \diamond n convencional

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)

Descripción. Es una unidad de almacenamiento de fondo plano y un solo compartimiento (Figura 118). Puede ser construido de hormigón, albañilería, estructura metálica o una combinación de materiales, y debe tener esencialmente buena ventilación, facilidades para mover los granos, un drenaje adecuado y techo impermeable.

[Figura 118. Vista externa del almacén convencional.](#)

Los almacenes convencionales ofrecen buenas condiciones para la conservación del producto por un período relativamente largo, siempre que se observen algunos requisitos operativos indispensables. El almacén tradicional tiene una vida útil media de 25 años.

Uso. Es una estructura propia para almacenamiento de productos envasados en sacos. El almacenamiento se realiza en estibas o lotes individualizados de un mismo producto agrícola. La operación del almacenamiento en sacos es más lenta, pues requiere mucha mano de obra; esta característica es una ventaja considerable en regiones con alto porcentaje de mano de obra inactiva y con deficiencias en el suministro de energía eléctrica, o cuando se manejan volúmenes de granos relativamente pequeños. Este tipo de almacenes sirve para almacenar toda clase de productos como maíz, frijol,

arroz, trigo, soja, sorgo y café, así como otros productos no comestibles.

Por otra parte, en unidades centrales de almacenamiento de muy alta capacidad, el manejo de los productos debe ser eficiente, razón por la cual la unidad debe contar con equipos adecuados para que los flujos de las operaciones básicas tengan el mayor nivel de mecanización posible. Los almacenes convencionales son ideales para centros de acopio rurales, ya que su costo de inversión es muy inferior al de los silos y equipos mecanizados.

Dimensiones. Las dimensiones de los almacenes dependen de la cantidad de producto que va a ser almacenado. Existen almacenes para granos de más de 4.000 m³, pero su descripción se concentra en los almacenes pequeños. En el cuadro 10 se muestran las dimensiones y capacidades de algunos de estos almacenes. El número de columnas de sustentación depende del tamaño del almacén como muestra el cuadro 11.

CUADRO 10: Dimensiones del almacén convencional de acuerdo con su capacidad

Capacidad (sacos de 60 kg)	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)
100	5,0	3,0	3
200	5,5	5,0	3

600	7,0	5,5	4
1 200	14,0	7,0	4

CUADRO 11: Número de columnas necesarias para la sustentación del almacén convencional

Capacidad del almacén (sacos de 60 kg)	Número de columnas de sustentación
200	6
600	6
1 000	6
1 200	8

Para permitir la ventilación natural del almacén, éste debe contar con las aberturas apropiadas y con tragaluces en el techo. El número de aberturas y tragaluces para la ventilación se muestra en el cuadro 12 para diferentes capacidades del almacén.

CUADRO 12: Número de aberturas y tragaluces de ventilación necesarios en el almacén convencional

Capacidad del almacén (sacos de 60 kg)	Número de aberturas en los lados mayores del almacén	Número de tragaluces en el techo
100	1	1
200	1	1
600	2	2
1 200	4	4

Material necesario. La lista de material que se indica a continuación es para un almacén con capacidad para 600 sacos. No se incluye el material para el techo y la instalación eléctrica. Este listado permite hacer un presupuesto aproximado del costo de los materiales, los cuales varían en cada lugar.

- 32 kg de cal para pintura.
- 7 m³ de arena de río.
- 4 m³ de arena lavada.
- 82 sacos de cemento (50 kg).
- 7 m³ de grava o piedra de cantera del número 2.
- 10 500 ladrillos macizos (se pueden utilizar también bloques de cemento, disponibles en la zona).
- 150 m de alambre con diámetro de 1,98 mm aproximadamente.

- 10 m de hierro de construcción CA-SO, de 13 mm de diámetro.
- 550 m de hierro de construcción CA-SO, de 9,5 mm de diámetro.
- 170 m de hierro de construcción CA-SO, de 4 mm de diámetro.
- 1 puerta de madera de 2 por 1,60 m.
- Marco para la puerta.
- 3 m² de tela metálica de malla de 6 mm.
- 10 litones de madera, de 3 por 3 cm.
- 50 m de listones de madera de 1 por 7 cm.
- Una chapa galvanizada de 1 por 2 m, con 0,45 mm de espesor.
- 5 litros de pintura asfáltica.
- 1 litro de pintura anticorrosiva.
- Una cerradura.
- 12 bisagras o goznes de 7 cm de largo.

Costos de construcción. Los costos de construcción varían mucho de región a región aun dentro del mismo país; sin embargo, puede estimarse que la construcción de un almacén sencillo puede costar alrededor de US\$ 100 a 150 por metro cuadrado de construcción.

Para almacenes más sofisticados, el precio aumenta considerablemente. Esta cifra solo debe considerarse como un valor indicativo.

Construcción. Seleccione el lugar para la construcción del almacén cerca de la propiedad, en un terreno alto, libre de inundaciones. La capa freática deberá estar a más de 1 m de profundidad durante la época de lluvias, esto es, que al excavar el terreno no se encuentre agua muy superficialmente.

- **Limpie y nivele el terreno. El área que se va a limpiar deberá tener como mínimo el doble del área que va a ser construida.**
- **La construcción de un almacén de este tamaño es una obra importante. Se recomienda, por lo tanto, asesorarse con un especialista y no ahorrar en la calidad de los materiales, pues ello puede hacer peligrar la estabilidad de la estructura.**
- **Marque la obra como muestra la figura 119.**
- **Marque los cimientos y columnas como muestra la figura 120.**
- **Construya los cimientos de las paredes y las columnas del almacén excavando zanjas de 40 cm de ancho; la profundidad de las zanjas depende del tipo de suelo y varía entre 20 a 50 cm. En el sitio de las columnas, la zanja deberá tener 50 cm de profundidad (figura 121). La selección de la profundidad de las zanjas para las zapatas de paredes y columnas debe hacerse muy cuidadosamente, con la asistencia de un ingeniero o arquitecto. Por ejemplo en zonas arroceras, generalmente los pisos son malos, por lo que las zapatas deberán ser bastante profundas.**
- **Apisone muy bien el fondo de la zanja y nivele con hormigón de una proporción 1:5:8. Construya una viga de hormigón de 15 cm de ancho por 20 cm de alto, con**

hierro de construcción de 9,5 mm de diámetro (figura 122). Es importante indicar que si al hacer las zanjas para las zapatas, estas se llenan de agua, ello indica que la zona no es apropiada para la construcción del almacén, a menos de que se ejecuten obras de ingeniería más especializadas.

[Figura 119. Dimensiones para la construcción de la obra.](#)

[Figura 120. Dimensiones para los cimientos y los pilares.](#)

[Figura 121. Dimensiones de la excavación para los cimientos y las columnas.](#)

[Figura 122. Detalle de la viga de concreto de los cimientos.](#)

- Nivela y compacte el piso. Construya el piso dividido en cuadros de 2 por 2 m, con listones de madera tratada con pintura de asfalto. Cobralo con hormigón de 7 cm de espesor.
- Levante las paredes de ladrillo (o de bloques) y las columnas de 10 por 15 cm, hasta una altura de 4 m. Ajuste el marco de la puerta de entrada del almacén en el centro de uno de los lados del galpón, como se muestra en la figura 123.

[Figura 123. Armado del marco de la puerta.](#)

- Haga 4 entradas de aire en los muros más largos, de 25 cm de alto por 1 m de largo, a 60 cm del piso. Construya una viga de hormigón de 10 por 10 cm, con 1,40 m de largo, en las entradas de aire (figura 124).
- Construya las columnas con 4 varillas de hierro de construcción de 6 mm de diámetro, con amarres o estribos de hierro de 4 mm de diámetro, espaciados a 20 cm. El hormigón deberá tener una proporción de 1:2:3 (figura 125).
- Vaya llenando las columnas por partes, después de levantar cada metro de pared (figura 126).

[Figura 124. Detalle de la entradas de aire.](#)

[Figura 125. Construcción de las columnas.](#)

[Figura 126. Detalle del llenado de las columnas.](#)

- Construya las vigas de hormigón de 10 cm de ancho por 20 cm de alto, a 2 m y 4 m del piso. La viga de hormigón debe ser hecha con cuatro varillas de hierro de construcción de 6 mm de diámetro, con amarre o estribos de hierro de 4 mm de diámetro, espaciados a cada 20 cm (figura 127). La viga de hormigón se debe amarrar con los hierros de las columnas de sustentación.
- La estructura del techo puede ser fabricada de madera o de metal, de acuerdo con las facilidades existentes. Para un almacén como el que se presenta aquí, se

puede pensar en una estructura de madera; esta debe ser construida por personal especializado y debe soportar no solo el techo, sino la fuerza del viento y de la lluvia.

Figura 127. Construcción de las vigas de hormigón de la parte superior de los muros.

- **Construya el techo del almacén de dos aguas, con tejas de asbesto-cemento o láminas galvanizadas. El tejado debe tener una inclinación mínima de 30 grados y un alero de 50 cm. Haga 4 tragaluces para la circulación del aire (figura 128). Llene con mezcla o argamasa el espacio entre las tejas y la pared y ponga una tela de malla metálica de 6 mm en los tragaluces para evitar la entrada de pájaros y roedores.**
- **Fabrique marcos de madera con listones de madera de 24 por 98 cm, revestidos con tela de malla metálica de 6 mm y colóquelos en las entradas del aire de la ventilación.**
- **Corte pedazos de chapa galvanizada de 0,45 mm de espesor, de 1,10 m por 30 cm para fabricar las ventanas de entradas del aire de la ventilación natural. Coloque un gozne en uno de los lados mayores de la chapa e instale las ventanas en las entradas de aire, colocando apoyos para mantenerlas abiertas (figura 129).**

Figura 128. Detalle de los tragaluces del almacén.

Figura 129. Detalle de las ventanas para las entradas de aire.

- Coloque una pestaña de chapa galvanizada de 7 cm de ancho por 1,10 m de largo arriba de cada ventana de ventilación.
- Construya con hormigón una calzada o acera de 1 m de ancho y 5 cm de espesor alrededor del almacén, con una inclinación de 5 por ciento (figura 130).
- Revista interna y externamente el almacén con argamasa. Para proteger el almacén contra roedores, aplique una capa de cemento liso de 60 cm de altura en la parte externa de los muros, pegado al piso (figura 131). Asegúrese que las puertas y ventanas ajusten perfectamente sin dejar rendijas.
- Pinte el almacén con cal. Las ventanas deben pintarse con pintura anticorrosiva.

Figura 130. Calzada o acera alrededor del almacén.

Figura 131. Detalle de la protección contra los roedores.

Manejo del almacén. Para que un almacén convencional ofrezca seguridad durante el almacenamiento es necesario mantenerlo en buen estado antes y durante el almacenamiento del producto, evitando así pérdidas innecesarias. Antes de poner el producto en el almacén se recomienda seguir las siguientes instrucciones:

- Inspeccionar el techo y arreglarlo si es necesario para evitar goteras (figura 132).

- **Mantener las puertas, ventanas y tragaluces en buenas condiciones para evitar la entrada de ratones y pajaros.**
- **Reparar las paredes, pisos y techo del almacén para que no tengan agujeros donde puedan alojarse insectos y ratones (figura 133).**
- **Limpiar las paredes y el techo del almacén y barrer el piso.**

Figura 132. Inspección y reparación externa.

Figura 133. Reparación de paredes internas, pisos y techos del almacén.

- **Pulverizar el piso, paredes y equipos con un insecticida adecuado.**
- **Planificar la utilización del almacén: cuente el número de sacos que van a ser almacenados y haga la delimitación del área útil del almacén, de acuerdo a la figura 134.**
- **Distribuya en el almacén las tarimas de 1,60 m de largo por 1,40 m de ancho. El espacio entre las paredes y las tarimas debe tener como mínimo 70 cm, según muestra la figura 135.**

Figura 134. Demarcación del área útil del almacén.

Figura 135. Distribución de la tarimas en el piso.

- **Determine la humedad de los granos y si están secos envíelos todos con el mismo peso, verificando antes si los sacos no están deteriorados o agujereados.**
- **Haga el estibado poniendo como máximo 20 capas de sacos en cada estiba y haciendo el amarre como muestra la figura 136.**
- **Ponga una etiqueta indicando el tipo de producto, la cantidad de sacos y la fecha del inicio del almacenamiento en cada pila.**

[Figura 136. Construcción del estibado.](#)

Después de poner el producto en el almacén, se debe observar lo siguiente.

- **Mantener el almacén limpio y las estibas arregladas (figura 137).**
- **Inspeccionar el almacén y las estibas del producto por lo menos una vez a la semana. Inspeccionar con cuidado la presencia de insectos, ratones o focos de calentamiento.**

[Figura 137. Vista general de las estibas.](#)

- **Hacer un control sanitario de las estibas con un insecticida adecuado cuando el producto entra en el almacén.**
- **Pulverizar las estibas con un insecticida residual.**
- **Durante el almacenamiento, saque muestras por lo menos cada dos meses para**

determinar la humedad de los granos. Si hay infestación, repetir la operación de aplicación de insecticidas.

Adaptación del almacén convencional para almacenamiento a granel (piscina)

Los almacenes de tipo convencional, usados generalmente para el almacenamiento de productos ensacados, pueden ser adaptados para almacenar productos a granel. Es costumbre llamar a esta adaptación "piscina". En la "piscina" deben ser instalados ductos de aireación que pueden ser construidos con los materiales disponibles en el mismo almacén, tales como sacos y tarimas de madera (figura 138).

[Figura 138. "Piscina" para el almacenamiento de granos.](#)

Uso. La "piscina" se usa para almacenar granos a granel y se puede construir utilizando todo el almacén o solamente una parte.

Material necesario.

- **Sacos de yute o sisal, nuevos o bien conservados.**

- **Tarimas de madera.**
- **Película plástica para cubrir el piso.**
- **Ventilador centrífugo para aireación.**

Dimensiones. Las dimensiones de una piscina dependen del espacio disponible en el almacén, de la cantidad de producto que se va almacenar, de las facilidades existentes para la carga y descarga del producto, y de otros factores.

Construcción. Elija el lugar para la construcción dentro del almacén. Luego proceda de la siguiente manera:

- Marque el área para facilitar el alineamiento de las paredes de la "piscina" (figura 139).
- Marque el lugar donde será instalado el ducto de aireación, siempre en dirección longitudinal de la "piscina" (figura 140).
- Cubra el área marcada con una película de plástico, para evitar que el producto quede directamente sobre el piso del almacén.
- Ensaque el producto que será usado para la construcción de las paredes de la piscina, teniendo cuidado de que los sacos tengan el mismo peso del producto. (figura 141).

[Figura 139. Vista general del área de la "piscina".](#)

[Figura 140. Posición del ducto de aireación.](#)

[Figura 141. Pesaje del producto.](#)

- Ponga la primera capa de sacos para formar la base de la pared y del ducto de aireación (figura 142).
- Coloque la segunda capa poniendo los sacos en dirección contraria a la primera, para amarrar los muros de la piscina (figura 143).
- Continúe colocando las capas alternadamente hasta la altura deseada.
- Ponga tarimas de madera sobre los sacos que forman el ducto de aireación (figura 144).
- Cubra las tarimas del túnel con sacos de yute o sisal vacíos, aprovechando los que han sido descartados por estar rotos (figura 145). Asegúrese que estén limpios y sin insectos.
- Instale el ventilador conectándolo al ducto de aireación (figura 146).

[Figura 142. Formación de la primera hilera de sacos y del ducto de aireación.](#)

[Figura 143. Amarre de los muros de la piscina.](#)

[Figura 144. Construcción del ducto de aireación.](#)

[Figura 145. Forma de colocar los sacos en el ducto de aireación.](#)

[Figura 146. Detalle de la instalación del ventilador.](#)

Manejo. Compruebe que los granos tengan un contenido de humedad adecuado para el almacenamiento (consulte el cuadro 2), y a continuación:

- llene la "piscina" manualmente o utilizando equipo mecánico para el transporte de los granos;
- haga una aplicación de insecticida;
- aplique aireación preventiva a la masa de granos conectando el ventilador cuando la humedad del ambiente no sea alta. Airear en condiciones de alta humedad relativa puede causar rehumedecimiento del grano, con serio peligro para su calidad;
- muestree periódicamente la masa de granos para comprobar la humedad, la infestación por insectos, los focos de deterioro y otras anomalías;
- mida la temperatura del interior de la masa de granos utilizando una sonda portátil.

Bibliografia

CEPED. CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO (Brasil). 1985. Como construir um silo de ferro-cimento. Sao Paulo, ABCP. 15 p.

COMPANHIA ESTADUAL DE SILOS E ARMAZENS (Brasil). 1974. Graos; beneficiamento e armazenagem. Porto Alegre-RS, Brasil. 148 p.

CHRISTENSEN, C.M. 1974. Storage of cereal grains and their products. Ameritan Association of Cereal Chemist. St. Paul, Minnesota, U.S.A. 540 p.

MERCH, R.F. e GOMES, N.K. 1982. Beneficiamento e armazenamento de graos. Porto Alegre-RS, Brasil, CESA. 104 p.

PEREIRA, J.A.M. e PEREIRA, A.L.R.M. 1987. Determina~~o~~o de umidade de graos. Vi~~o~~osa, M.G., Brasil, CENTREINAR. Notas de aula. 33 p.

PUZZI, D. 1977. Manual de armazenamento de graos. Sao Paulo, Brasil, Editora Agron~~o~~mica CERES. 405 p.

TEIXEIRA, M.M. e OLIVEIRA FILHO, D. 1986. Manual de constru~~o~~o do silo de solo-cimento "jo~~o~~o-de-barro". Brasil. Serie CENTREINAR. 25 p.

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

V. Conservacion y proteccion de los granos almacenados

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)

Introducción

La conservación y protección de los granos almacenados constituye una necesidad alimenticia social y económica. Desde que los seres humanos empezaron a acumular reservas de una manera organizada, particularmente las de tipo alimenticio, trataron de buscar los mejores medios para asegurar su subsistencia.

Actualmente, el almacenaje se ha convertido en una práctica de elevado contenido técnico, gracias a la acumulación de experiencias a lo largo de miles de años. Asociar el almacenaje con la política actual de implantar reservas reguladoras debe llevar a conservar científicamente los granos, y a solucionar múltiples factores físicos,

químicos y biológicos que se encuentran íntimamente conectados con esta compleja actividad. La cosecha en la época adecuada, la limpieza, el secado, los almacenes adecuados en cuanto a ubicación, orientación y proyecto, los silos con sistemas de aireación, y la calidad del producto durante el período del almacenaje, determinan su conservación.

Los granos almacenados se consideran como una masa porosa, constituida por los mismos granos y el aire intersticial. Constituyen un material biológico vivo, que usa el oxígeno del aire de los intersticios y deja libre el gas carbónico. Por ello, tienden a deteriorarse por un proceso natural. Bajo condiciones ambientales favorables a la actividad metabólica, el fenómeno de la respiración se transforma en el principal agente responsable del deterioro. Este deterioro puede evaluarse, en muchos casos, a través de la pérdida del vigor de las semillas, desarrollo de hongos, pérdida de capacidad de panificación, incremento de la acidez, endurecimiento, etc.

El almacenaje, que se considera una etapa final del proceso de producción, puede verse afectado por los siguientes factores.

- a. Uso de semillas no seleccionadas.
- b. Condiciones adversas durante la cosecha.
- c. Ataque de plagas y enfermedades durante el cultivo.
- d. Permanencia innecesaria del producto en la planta tras la maduración fisiológica.

- e. **Daños mecánicos en la cosecha, limpieza, transporte, clasificación y manejo del grano en general.**
- f. **Secado inadecuado o inoportuno.**
- g. **Almacenaje inadecuado.**

Por lo tanto se hace necesario que durante el periodo almacenaje, la conservación y la protección de los granos almacenados se realice de una manera segura, eficiente,

técnicamente viable y económicamente factible. Dentro del contexto de la conservación y protección de los granos almacenados se tratarán aquí los métodos para un control eficiente de los insectos, roedores y hongos.

Insectos de los granos almacenados

Los insectos que atacan los granos almacenados tienen características propias que los distinguen de los que se encuentran en la mayor parte de los cultivos. Son pequeños, prefieren los sitios oscuros, son capaces de esconderse en grietas muy reducidas y se caracterizan por su elevada capacidad de reproducción, lo que permite que pocos insectos formen una población considerable en muy poco tiempo. Por esta razón, una

pequeña infestación inicial pueda dar dentro de pocos meses una gran cantidad de granos almacenados.

Los insectos que atacan los granos almacenados se dividen en primarios y secundarios, según su tipo de alimentación. Los insectos primarios tienen la capacidad de atacar los granos enteros y sanos. Algunos insectos que pertenecen a este grupo pasan sus etapas inmaduras en el interior del grano y solo los adultos pueden ser observados en la superficie. Otro grupo de insectos primarios vive y se desarrolla afuera de los granos y se alimenta del embrión o germen (figura 1). Los insectos secundarios son los que no consiguen atacar los granos enteros. Se alimentan de los granos quebrados, partículas de granos y polvos que quedan después del ataque de los insectos primarios (figura 2). Algunos de los insectos de este grupo se alimentan también de los hongos que se desarrollan en los granos húmedos.

Concepto, ciclo de vida y características

Concepto. Los insectos son animales artrópodos, cuyo cuerpo está cubierto de un tegumento denominado exoesqueleto y está dividido en tres partes distintas: cabeza, tórax y abdomen. En la cabeza están los órganos de los sentidos y el aparato bucal, mientras que el tórax contiene los tres pares de patas y las alas; en el abdomen están

los **órganos digestivos y respiratorios**. Los insectos respiran a través de traqueas que son pequeños tubos membranosos y ramificados que se comunican con el exterior por medio de orificios llamados estigmas.

Figura 1. Adulto del gorgojo de los graneros, Sitophilus granarius (L.)

Figura 2. Larva y adulto del gorgojo de la harina, Tribolium confusum J. du Val.

Ciclo de vida. Los insectos que atacan los granos almacenados pertenecen al orden Coleoptero (pequeños escarabajos llamados "gorgojos") y al orden Lepidoptero (pequeñas mariposas, palomillas o polillas). Se desarrollan a través de la metamorfosis (cambio de forma) que puede ser gradual o incompleta y completa.

- a. **Metamorfosis gradual o incompleta:** i) huevo; ii) ninfa (semejante al adulto, de tamaño menor y sin alas); y iii) adulto.
- b. **Metamorfosis completa:** i) huevo; ii) larva (forma vermiforme, bien diferenciada del adulto); iii) pupa (estado de reposo cuando la larva se transforma en adulto); y iv) adulto.

La mayor parte de los insectos de los granos almacenados se desarrollan a través de la metamorfosis completa. Ponen el huevo dentro o sobre la superficie del grano, que pueden ser de varias formas y tamaños. Después del período de incubación, que

variedad de una especie a otra dan origen a las formas inmaduras o larvas (figura 3).

Figura 3. Huevos depositados sobre la superficie del grano.

La larva, que representa la etapa comprendida entre la eclosión del huevo y la de pupa, presenta dos características bien definidas: alimentación y crecimiento. Durante el crecimiento consume una cantidad de alimento varias veces mayor que su propio peso (figura 4).

Figura 4. Larva del gorgojo del arroz, *Sitophilus orizae* (L.).

En la etapa de pupa, el insecto sufre cambios profundos, internos y externos. Es un período de reposo aparente, a lo largo del cual adquiere las características de adulto (figura 5). La etapa de insecto adulto, escarabajo o mariposa, tiene como principal función la reproducción y diseminación de la especie (figura 6).

Figura 5. Pupa.

Figura 6. Adulto del gorgojo de los granos.

Características. Los insectos de los granos almacenados presentan características apropiadas para el ambiente en donde se desarrollan y viven. Son pequeños, se

movilizan en los espacios intersticiales de la masa de granos y están adaptados para vivir en un ambiente oscuro.

Los escarabajos o "gorgojos" son resistentes y de tamaño pequeño, lo que les permite moverse en los reducidos espacios que existen entre los granos, así como en las grandes profundidades de los silos, donde los granos se encuentran sometidos a grandes presiones. Las palomillas o polillas son frágiles y, por lo general, permanecen sobre la superficie de la masa de granos debido a su incapacidad de penetrar en ella, por lo que causan menores daños que los gorgojos o escarabajos. Todos los insectos que atacan los granos almacenados se caracterizan por su alta capacidad de proliferación.

Principales insectos

1) Gorgojo de los cereales (*Sitophilus spp.*)

Existen tres especies que son plagas importantes de los cereales almacenados; el gorgojo de los graneros o del trigo, *Sitophilus granarius* (L.), el gorgojo del maíz, *Sitophilus zeumais* Motschulsky, y el gorgojo del arroz, *Sitophilus orizae* (L.). Las especies *Sitophilus orizae* y *Sitophilus zeumais* son prácticamente idénticas. Aunque las dos especies pueden encontrarse a menudo atacando el mismo producto, se ha observado que *S. zeumais* es el principal responsable por las infestaciones que preceden a la cosecha,

debido a la mayor tendencia de la especie a volar. Ponen los huevos dentro del grano y la larva, que no tiene patas, hace un túnel y se alimenta en el interior del grano. Desde que la hembra pone los huevos hasta la salida del adulto se requieren de 30 a 40 días, bajo condiciones climáticas favorables. Cada hembra puede poner aproximadamente 300 huevos (figura 7).

[Figura 7. Larva y adulto del gorgojo de los cereales, Sitophilus spp.](#)

2) Pequeño barrenador o taladrilla de los granos (*Rhyzopertha dominica* F.)

En general ataca a la mayoría de los granos. El adulto mide alrededor de 3 mm de largo y su tamaño puede variar según el ambiente en el que se desarrolla. Cada hembra puede poner de 400 a 500 huevos en la parte posterior del grano. Desde el momento en que ponen los huevos hasta la salida del adulto son necesarios 30 días para su desarrollo bajo condiciones climáticas favorables (figura 8).

[Figura 8. Larva y adulto del pequeño barrenador de los cereales, \(*Rhyzopertha dominica* F.\)](#)

3) Polilla o palomilla de los cereales (*Sitotroga cerealella*)

Es una pequeña mariposa de coloración amarilla pajiza, que se reconoce fácilmente por estar siempre volando en el almacén o andando rápidamente por sobre los granos o los sacos. Bajo condiciones ideales necesita 35 días para complementar su ciclo evolutivo. El promedio de huevos que pone la hembra, a los dos o tres días luego de que sale del grano, es cercano a 80. Los adultos no se alimentan y no viven más que unos cuatro días (figura 9).

[Figura 9. Polilla de los cereales \(*Sitotroga cerealella*\)](#)

4) Gorgojo de la harina (*Tribolium confusum*, *Tribolium castaneum*)

Como estos insectos adultos o sus larvas no tienen mandíbulas muy resistentes, no son capaces de atacar granos enteros y sanos; atacan harinas y granos quebrados o dañados por otros insectos. Son pues, insectos secundarios. El adulto mide de 3 a 4 mm de ancho y posee el cuerpo muy ancho y ligeramente plano. El *Tribolium castaneum* es un poco menor que el *Tribolium confusum*. La hembra pone de 300 a 500 huevos en el exterior de los granos. El desarrollo, desde el huevo hasta el adulto, necesita 30 a 35 días en condiciones favorables (figura 10).

[Figura 10. Gorgojo de la harina \(*Tribolium confusum*, *Tribolium castaneum*\)](#)

5) Gorgojo del frijol (*Acanthoscelides obtectus*)

Posee el cuerpo compacto, de 3 a 4 mm de largo, y es similar a las demás especies de bruquidos. Inicia su ataque en el campo. Las hembras ponen los huevos en el interior de las vainas y después del nacimiento las larvas se introducen en los granos. Cada hembra puede poner unos 100 huevos. El período de desarrollo del insecto es de 23 a 27 días bajo temperaturas óptimas. Los adultos viven poco tiempo, alrededor de 20 días. Varios insectos pueden desarrollarse dentro de una misma semilla. La infestación se reconoce porque los granos de frijol presentan minúsculos orificios de entrada del insecto. Además del *Acanthoscelides obtectus*, el *Zabrotes subfasciatus* es también responsable por grandes daños al frijol almacenado (figura 11).

6) Polilla o palomilla de las harinas (*Plodia interpunctella*)

Ataca los cereales, sobre todo al trigo, maíz y arroz. Es una pequeña mariposa de color gris oscuro, con un tercio de base clara, blanco grisáceo. Cada hembra pone un promedio de 170 huevos, a los tres o cuatro días de nacer. Los adultos viven alrededor de 10 días. El período para su desarrollo es de unos 30 días en condiciones favorables. Durante el día tiende a evitar la luz, permaneciendo quieta, y es de noche cuando presenta mayor capacidad de vuelo (figura 12).

[Figura 11. Gorgojo del frijol \(*Acanthoscelides obtectus*\)](#)

[Figura 12. Polilla o palomilla de las harinas \(*Plodia interpunctella*\)](#)

7) Polilla o palomilla del cacao (*Ephestia cautella*)

Aparte del cacao, ataca cereales, granos oleaginosos, raíces y tubérculos secos. Es una pequeña mariposa, de color gris. Cada hembra pone alrededor de 200 huevos, a los tres a cuatro días de nacer. Los adultos viven más o menos cuatro días. El desarrollo desde el huevo al adulto es de 20 a 30 días en condiciones favorables. Estas polillas son activas, sobre todo al amanecer y durante toda la noche (figura 13).

[Figura 13. Polilla o palomilla del cacao \(*Ephestia cautella*\)](#)

Daños

Los daños y perjuicios provocados por los insectos de los granos almacenados pueden ser similares a los causados a los cultivos. Se estima que del cinco a 10 por ciento de la producción mundial se pierde a causa de los insectos, lo que equivale a la cantidad de granos necesaria para alimentar a 130 millones de personas anualmente. Estos valores no consideran otros daños, como son el calentamiento de la masa de granos, la diseminación de hongos, los costos de las medidas de control, etc. Se pueden mencionar algunos tipos de daños, tales como: el daño directo, el daño indirecto y daño ocasionado por los tratamientos químicos.

El daño directo sucede cuando los insectos consumen el grano, alimentándose del embrión o endospermo, lo que causa pérdida de peso, reducción de la germinación y menos cantidad de nutrientes. Por consiguiente, su cotización en el mercado disminuye. Otro daño directo es la contaminación por las deposiciones, las telas formadas por las polillas y los cuerpos de los insectos o parte de los mismos. Existe también el daño que ocasionan en las estructuras de madera, en instalaciones y en los equipos, los que ofrecen escondrijo para otros insectos y establecen así focos de infestaciones (figura 14).

Figura 14. Daño directo causado por los insectos.

Los daños indirectos son el calentamiento y la migración de la humedad, la distribución de parásitos a los seres humanos y a los animales, y el rechazo del producto por parte de los compradores. Los granos pueden calentarse como resultado directo de un ataque de insectos. A este fenómeno se le denomina bolsa de calor, debido a que los granos poseen una baja conductividad térmica y las pequeñas cantidades de calor generadas por los insectos no se disipan. La alta temperatura estimula a los insectos a una mayor actividad, lo que resulta en la formación de nuevos focos, hasta que toda la masa de granos se encuentra infestada y caliente (figura 15).

Entre los daños causados por el tratamiento químico contra los insectos, los más importantes son los costos de los insecticidas, los equipos utilizados en el tratamiento

fitosanitario y los residuos tóxicos, que afectan al trabajador y al consumidor (figura 16).

Figura 15. Daños indirectos causados por los insectos.

Figura 16. Tratamiento químico contra los insectos, que puede ocasionar daños al producto

Medidas de sanidad y controles preventivos

Las medidas de sanidad pretenden eliminar los insectos o, por lo menos, reducir su multiplicación. Los controles preventivos sirven para complementar otros métodos de control. Para administrar un control integrado, preventivo y curativo, es muy importante que se haga a menudo una inspección del almacén y del producto.

Inspección

La inspección es el paso más importante del control preventivo y tiene como objetivo encontrar las probables fuentes de infestación y contaminación. Debe inspeccionarse el grano cuando se lo recibe y con cierta regularidad durante el período de almacenamiento. Los factores a observar durante la inspección son: la humedad, la temperatura, el índice de infestación, los hongos, las materias extrañas, las

impurezas y la contaminación por roedores y plagas.

Preparación y limpieza de la unidad almacenadora

Antes de ocupar nuevamente una unidad de almacenaje se debe limpiar cuidadosamente la parte interna y externa del almacén. En el área alrededor de las instalaciones se debe observar si hay acumulación de granos, depósitos de sacos, hierba alta, aberturas por donde podrán entrar los plagas y roedores, goteras en el techo y filtraciones en las paredes laterales. Se debe también desinfectar toda el área alrededor de la unidad almacenadora en el período entre cosechas (figura 17).

Figura 17. Preparación y limpieza de la unidad almacenadora.

Se deben tomar medidas para que el almacén se conserve siempre limpio, no solamente las paredes y pisos, sino también todos los equipos que allí estén. En el período entre cosechas, la parte interna del almacén y los equipos deben ser desinfectados con insecticidas de buena capacidad residual. Tales medidas contribuirán a que el nuevo lote de granos no se infeste durante su almacenaje (figura 18).

Figura 18. Medidas para que el almacén y los equipos se conserven limpios.

Otra medida de control preventivo se refiere al uso de envolturas resistentes a la

penetración de insectos. Esta resistencia dependerá del material usado, de su espesor y del sistema de cierre o costura de tales envolturas. Entre los materiales más resistentes están las películas policarbonadas, el poliéster, las hojas de aluminio, las películas de polietileno, el papel celofán y el papel kraft.

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

Controles curativos

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

En general se puede decir que los controles destinados a los granos almacenados son similares a los métodos empleados en los cultivos. Existen varios métodos de control: el legislativo, el mecánico, el físico, el químico y el biológico (que es muy poco usado).

Control legislativo

Incluye la cuarentena y la sanidad. La cuarentena comprende las prohibiciones o restricciones impuestas al transporte de los granos almacenados que se suponen estar infestados por plagas. La sanidad se refiere a las medidas de higiene que se deben tomar para disminuir o eliminar los insectos. Tales medidas comprenden la cosecha en la época adecuada, la utilización de equipos desinfectados, la limpieza cuidadosa de los granos y de los depósitos, los almacenes bien tapados y a prueba de roedores y pájaros, y el cuidado de no mezclar productos de distintas cosechas.

Control mecánico y físico

Incluye la humedad y la temperatura, el impacto, el almacenaje hermético, el transilaje, las envolturas resistentes a la penetración de insectos, los polvos abrasivos, la radiación y la resistencia del grano.

La humedad y la temperatura. La humedad y la temperatura son muy importantes en el control de plagas de los granos almacenados. Para los insectos, la principal fuente de humedad es la humedad inicial del grano y, en menor escala, la humedad atmosférica y el "agua metabólica". Por ello, es importante almacenar los granos con contenidos bajos de humedad, que reducen la posibilidad de incidencia de insectos. Las bajas humedades y temperaturas limitan la sobrevivencia y la reproducción de muchos insectos. El porcentaje mínimo de humedad en los granos, requerido para la reproducción de los insectos, es de 9 por ciento, pero es difícil alcanzarlo debido al

equilibrio higroscópico del grano, con el medio ambiente y, además, no es conveniente por la pérdida de peso de los granos. Cuando la humedad aumenta del 12 al 15 por ciento, los insectos se desarrollan y se reproducen con mayor intensidad. Por encima de estos límites, predominan los ácaros y los hongos, y a mayores humedades prevalecen las bacterias.

La proliferación de los insectos puede provocar un aumento sensible en la temperatura de la masa de granos. El vapor de agua se desplaza y se acumula en la capa más fría de la superficie. Para obtener un buen control, se necesita conservarlos a bajas temperaturas, a través de sistemas de aireación o transilaje, dentro de niveles económicamente aceptables. La mayor parte de los insectos no se reproduce si se los mantiene a temperaturas inferiores a los 21°C o superiores a los 35°C por largos períodos de tiempo. Las temperaturas favorables a la reproducción están entre estos puntos, considerándose como ideal los 28°C.

El impacto. El control de los insectos, a través del impacto, consiste en lanzar los granos por fuerza centrífuga contra una superficie, lo que mata los insectos en el exterior e interior de los granos. Los granos infestados se rompen y los insectos expuestos son retirados por aspiración. Este proceso solo se usa en plantas industriales que procesan granos para consumo humano a gran escala.

El almacenaje hermético. Consiste en no permitir que haya entrada del aire al interior

del silo. Los granos e insectos consumen el oxígeno presente y lo sustituyen por el CO₂, muriendo por asfixia.

El transilaje. Consiste en pasar el grano de un silo a otro por medios mecánicos, lo que reduce la temperatura y dispersa la humedad acumulada en algunos puntos de la masa de granos. Hay que preocuparse de no transitar granos infestados. Cuando haya necesidad se podrá efectuar una fumigación antes del transilaje o durante él; este proceso solo es aplicado en grandes instalaciones, dotadas de sistemas mecanizados de manejo del grano.

Los polvos abrasivos. Los polvos abrasivos están basados en la remoción de la capa de cera de la cutícula del insecto, lo que le causa la muerte por deshidratación. Las sustancias más usadas son la sílice en jalea, el magnesio calcinado y las arcillas.

La radiación. Existen varios modos de utilizar la energía radiante en el control de insectos. Se puede emplear la luz en trampas luminosas para atraer a los insectos y de esta manera disponer de una idea del grado de infestación.

El empleo de variedades resistentes. El control de insectos mediante el empleo de variedades de granos resistentes a su ataque representa un método seguro y económico. Se considera variedad resistente la que, bajo condiciones iguales y gracias a su constitución genotípica, se daña en menor intensidad por el ataque de un

determinado insecto que otra variedad menos resistente. Este sistema se usa principalmente para prevenir ataques de insectos en el campo.

Control químico

El método del control químico debe ser considerado como un complemento a las otras medidas, como la sanidad, el manejo de la temperatura y la humedad, el uso de instalaciones adecuadas, etc. Las principales desventajas del uso del control químico son, entre otras, que el control no es permanente, que puede haber riesgos de explosiones, residuos y toxicidad en el momento de la aplicación, y, además, que causa resistencia de los insectos a determinados productos. El costo de los insecticidas y equipos es elevado y aumenta considerablemente el costo total de almacenaje de los granos en períodos prolongados. Actualmente hay una tendencia a desarrollar productos que ofrezcan menores riesgos, que sean selectivos, biodegradables y que dañen el ambiente lo menos posible.

Definición. Un insecticida es un producto que, bajo ciertas circunstancias y concentraciones, es tóxico y mortal para los organismos considerados plagas de los granos almacenados. Los insecticidas pueden ser productos naturales, como el piretro (de origen vegetal) y las tierras diatomeas (de origen mineral), o productos químicos desarrollados por laboratorios especializados, cuyo objetivo principal es el control de las plagas con el menor daño posible para las personas, los animales domésticos y el

ambiente.

Toxicidad. Todos los insecticidas sintéticos son tóxicos para los seres humanos, en mayor o menor grado. Por lo tanto, es importante seleccionar convenientemente el producto, con el fin de evitar graves accidentes y contaminaciones. La FAO y la Organización Mundial de la Salud han establecido normas para el uso y aplicación de insecticidas aprobados.

Poder residual. El poder residual de un insecticida es la capacidad que tiene de permanecer activo por un cierto período de tiempo; es decir su capacidad para matar los insectos durante días, semanas o más tiempo. Es sumamente importante seleccionar adecuadamente los insecticidas para proveer el control más efectivo al menor costo.

Principales diferencias entre un insecticida y un fumigante. Insecticida y fumigante son dos palabras que se usan generalmente como sinónimos, pero en realidad tienen significados muy diversos. Con el fin de escoger debidamente el producto para un control sanitario, es necesario conocer las diferencias entre estos dos términos (ver cuadro 1). Un insecticida, como se ha visto, es un producto sólido, líquido o gaseoso que sirve para controlar el desarrollo de los insectos. En cambio, un fumigante es un gas, cuyas moléculas se difunden en el aire y llegan más fácilmente al centro de la masa del grano infestado.

Formas de aplicación. Normalmente los insecticidas se usan en las modalidades de:

- i. pulverización residual o aspersión;
- ii. pulverización protectora;
- iii. vaporización; y
- iv. fumigación.

Pulverización residual o aspersión. El insecticida se mezcla con agua u otro líquido. Se pulveriza en las paredes, pisos, entarimados, techos, equipos existentes dentro del almacén y alrededor de la unidad de almacenamiento con la finalidad de exterminar los insectos que se esconden en depresiones, orificios, y grietas. Estos insecticidas poseen cierto poder residual, que mata los insectos que se posen en el sitio tratado, años después de haber sido aplicados (ver cuadro 2 y figura 19).

Pulverización protectora. Se pulveriza el insecticida directamente sobre los granos a granel, ya sea en la cinta transportadora durante el llenado del silo o bajo la forma de polvo para pequeñas cantidades de granos almacenados. Este control tiene finalidad preventiva pero no curativa, es decir, que se efectúa en silos y almacenes donde no hay una infestación evidente (cuadro 3).

CUADRO 1: Principales diferencias entre un insecticida y un fumigante

Insecticida	Fumigante
1. Un insecticida mata los insectos que se ponen en contacto con él.	1. Un fumigante se difunde por toda la atmósfera y llega hasta donde está el insecto.
2. Los insecticidas sólidos y líquidos tienen en general, un buen "poder residual", es decir, que una vez aplicados en paredes o superficies siguen matando los insectos por varios días o semanas.	2. Los fumigantes, al ser gases, se difunden apenas se abre el recipiente, y no poseen poder residual; es decir, un grano que ha sido fumigado queda nuevamente expuesto al ataque de insectos, inmediatamente al disiparse el gas.
3. Los insecticidas se aplican en forma de polvo, y como líquido en aspersiones y nieblas. El tamaño de las gotitas del líquido es grande, en comparación con las moléculas de un gas. su penetración en los granos es sólo superficial.	3. Los fumigantes se aplican en recintos herméticos y sus moléculas penetran por una gran variedad de materiales, llegando al centro de la masa de granos.
4. Los insecticidas se usan para tratar la "superficie" en almacenes o estibas de sacos.	4. Los fumigantes se usan para tratar "volúmenes" y no pueden usarse para

No se usan generalmente para tratar volúmenes.	superficies; tampoco pueden usarse en cebos para roedores o aves.
5. Aunque bocios los productos insecticidas son venenosos para los seres humanos, un insecticida bien aplicado es menos peligroso para los operarios.	5. La aplicación de fumigantes requiere personal muy capacitado y equipo especializado.

CUADRO 2: Insecticida, fórmulas y dosificaciones. Pulverización residual

Insecticida	Fórmulas	Dosificaciones ml/m ²
Deltametrina	2,5 E	0,6
Malatión	100 E	2,6
Pirimifos metílico	50 E	1,0

[Figura 19. Pulverización residual o aspersión.](#)

CUADRO 3: Insecticida, fórmulas y dosificaciones. Pulverización protectora

Insecticida	Fórmulas	Dosificaciones
-------------	----------	----------------

		ml/t
Deltametrina	2.5 E	18
Diclorvos	50 E	20
Malatión	100 E	18
Pirimifos metílico	50	8

Vaporización o producción de niebla ("nebulización"). Este es el proceso por el cual se obtiene la producción de gotas pequeñas con el uso del calor; en este caso se alcanzan gotas de un diámetro menor a 50 micras. El insecticida pulverizado debe ser lo bastante volátil para que, al mezclarse con el aceite diesel, produzca una humareda con pequeñas partículas que permanecen en suspensión en el aire por algún tiempo. Este método combate los insectos que vuelan, como las polillas y las moscas. Sin embargo, también mata otros insectos directamente alcanzados por el insecticida en paredes y otras superficies (figura 20). Para esta operación se utilizan termovaporizadores o nebulizadores, que convierten el insecticida mezclado con diesel en una densa niebla que llega a todas partes del almacén (cuadro 4).

[Figura 20. Vaporización o producción de niebla \("nebulización"\).](#)

CUADRO 4: Insecticida, fórmulas y dosificaciones

Insecticida	Fórmulas	Dosificaciones ml/100 m ³
Deltametrina	10 E	2
Diclorvos	50 E	5
Malatión	60 E	7
Pirimifos metílico	50 E	5

En la operación de vaporización se deben observar los siguientes aspectos: i) la operación deberá realizarse después del cierre de los trabajos diarios en el almacén; y ii) se recomienda no dejar residuos de insecticidas dentro del tanque del termovaporizador.

Fumigación. En la fumigación de los granos almacenados se usa un insecticida fumigante, es decir, que poco después de ser aplicado se transforma en gas letal para los insectos en ambientes confinados, bajo determinadas condiciones de temperatura y presión. En la fumigación, el objetivo es matar todas las etapas del insecto: huevo, larva, ninfa y adulto, que en la mayor parte de los casos ya están establecidos dentro del mismo grano. El fumigante penetra en los cuerpos de los insectos a través de los estigmas durante la respiración. Su difusión se hace rápidamente a través de la masa de granos porque, al ser un gas, éste se difunde bajo la forma de moléculas aisladas;

por eso, debe usarse en ambientes herméticos.

La toxicidad del fumigante para los insectos depende de innumerables factores, muy complejos e interrelacionados. Las bajas temperaturas afectan la tasa respiratoria de los insectos, interfiriendo en la absorción, adsorción y difusión de los gases a través de la masa de granos. En general, la toxicidad aumenta a medida que sube la temperatura; por lo que cuando la temperatura es baja, las fumigaciones deben durar más tiempo. El elevado contenido de humedad de los granos ocasiona una mayor absorción del fumigante, reduce su distribución y penetración en la masa de granos y aumenta el riesgo de afectar la germinación de aquellos granos que se destinan para semilla.

Los granos pequeños presentan mayor dificultad para la difusión del fumigante en comparación con los más grandes. Por ejemplo, para obtener una eficiencia igual para determinado insecto en el trigo y el maíz, sería necesario aumentar la dosificación para el trigo que es más pequeño. Otros factores que afectan la toxicidad del fumigante se refieren al tipo de estructuras en el almacenaje y al tiempo de exposición a la fumigación. Si la estructura es porosa (hormigón, madera) la dosis debería ser mayor que en el caso de una estructura impermeable. El tiempo de exposición depende del producto, de su concentración, del tipo de insecto, de la etapa biológica en que se encuentra, y de los demás factores antes mencionados.

Para que una fumigación sea efectiva, el recipiente debe ser hermético; por lo tanto,

no es recomendable hacer fumigaciones en estructuras de ladrillo, bloque o madera, sin el uso de carpas o lonas plásticas, pues la concentración del fumigante debe permanecer por lo menos 72 horas. La elección de un fumigante adecuado se basa en las siguientes características:

- **bajo costo en función de la dosificación;**
- **alta toxicidad para los insectos;**
- **baja toxicidad para las personas;**
- **alta volatilidad del gas;**
- **buena penetración en la masa de granos;**
- **baja absorción en los granos;**
- **fácil detección para prevenir accidentes;**
- **que no sea corrosivo, inflamable o explosivo;**
- **que no afecte el poder germinativo de la semilla;**
- **que no altere la calidad del grano, y**
- **que sea de fácil obtención.**

Aplicación de insecticidas, fumigantes y medidas de control

Fumigación de maíz en mazorca

El almacenaje del maíz en mazorcas es una práctica bastante usada por los agricultores en pequeña escala. En el Brasil, según el censo agropecuario de 1970, se almacena de esta forma el 60 por ciento de la producción brasileña; de ahí la necesidad de divulgar esta práctica, con la consiguiente disminución de las pérdidas a nivel de finca.

Para la operación de fumigación se recomienda la dosificación que aparece indicada en el cuadro 5.

CUADRO 5: Fumigación de maíz en mazorca

Fumigantes	i.a. en la fórmula (%,	Duración de la fumigación (horas)	Dosificación por m
Bromuro de metilo	98	48	25 cm
Fosfato de aluminio	57	72	1 tableta (de 3 g)

Fosfuro de aluminio	57	72	5 comprimidos (de 0 6 g)
---------------------	----	----	--------------------------

Secuencia operacional.

- Apilar una cantidad determinada de maíz en mazorca sobre un área con piso de cemento o sobre una lona de plástico (figura 21).
- Cubrir el maíz con una carpa plástica (PVC con 0,2 mm de espesor) que no tenga ningún tipo de perforación o rasgadura. La perforación hecha por un clavo, por ejemplo, puede disminuir la eficiencia de la operación (figura 22).
- Distribuir el fumigante en sitios fijados previamente, según las dosificaciones presentadas en el cuadro 5 (figura 23).
- Tapar con "culebras arena" u otro material que permita un buen cierre hermético entre el plástico y el piso de cemento (figura 24).
- Dejar el producto expuesto al gas por un periodo mínimo de 72 horas y retirar la carpa (figura 25).
- Pulverizar la superficie de maíz almacenado con un insecticida de buen poder residual, para evitar una nueva invasión de insectos (figura 26).

[Figura 21. Pila de maíz en mazorca sobre un área con piso de cemento.](#)

[Figura 22. Carpa plástica para cubrir el maíz.](#)

[Figura 23. Distribución del fumigante.](#)

[Figura 24. Hermetizado con "culebras de arena" u otro material.](#)

[Figura 25. Exposición del maíz en mazorca a la acción del gas por un período mínimo de](#)

[Figura 26. Pulverización del maíz con insecticida.](#)

Confeción de las culebras de arena. Se cortan fajas de 25 cm de ancho por dos o tres metros de largo y se hace la costura formando un tubo. Se llena con arena seca hasta cerca de unos 25 cm del extremo (figura 27).

[Figura 27. Confeción de las culebras de arena.](#)

Fumigación de granos ensacados

Se puede hacer la fumigación de granos ensacados por medio de cámaras móviles o en carpas de plástico, que permitan la fumigación de cada pila en forma separada. Las carpas o lonas plásticas usadas para fumigar deben ofrecer, además de

impermeabilidad a los gases, una buena resistencia al choque mecánico. La hermeticidad en el punto de contacto de la lona con el piso se realiza con "culebras de arena", que pueden ser confeccionadas con lonas o sacos abiertos, de los cuales se cortan fajas de 25 cm de ancho por 1,5 a 2,0 m de largo. Después de coserlas se llenan de arena, lo que permite un buen cierre.

Las pastillas o tabletas del fumigante se distribuyen en un recipiente abierto, en los rincones de la pila. El tiempo de exposición varía de 72 a 120 horas, dependiendo de las condiciones de temperatura: a menor temperatura, debe dejarse más tiempo. Después del tiempo de exposición se deben abrir puertas y ventanas para una mejor eliminación de los gases (cuadro 6).

CUADRO 6: Fumigación de granos ensacados

Fumigante	i.a. de la formula (%)	Temperatura del grano (°C)	Duración de la fumigación (horas)	Dosificación
Bromuro de metilo	98	más de 25	24	18 cm ³ /m ³
		hasta 25	24	

Fosforo de aluminio	57	m ² s de 25	72	1 a 3 tabletas (de 3.0 g)
		16- 26	96	por 15 a 20 sacos
		10- 15	120	
Fosforo de aluminio		16- 25	96	1 comprimido (de 0.6. g)
		10- 15		por 3 a 4 sacos

Fumigaci³n de granos ensacados usando fosfina.

- a. Comprobar la estabilidad de la pila, o sea, que los sacos est³n bien estibados y que no haya peligro de que se derrumben (figura 28).
- b. Examinar el piso alrededor de la pila, comprobando si hay grietas o agujeros (figura 29).
- c. Inspeccionar las carpas o lonas a utilizarse en la parte superior de la pila, para observar que no existan perforaciones o roturas. Las carpas deben estar en perfectas condiciones (figura 30).
- d. Colocar la carpa pl³stica sobre la pila (figura 31).
- e. Calcular la dosis correcta de pastillas o tabletas de fosforo de aluminio que debe ser

- aplicado (figura 32).
- f. Distribuir alrededor de la pila, por debajo de la carpa plástica, las cantidades del fumigante que ya fueron calculadas (figura 33).
 - g. Sellar la carpa plástica con el piso del almacén utilizando "culebras de arenan, en forma muy cuidadosa para evitar que se escape el gas (figura 34).
 - h. Dos horas después, comprobar si existen escapes de gas utilizando equipo especial y material de seguridad para los operarios (figura 35).
 - i. Dejar la cámara totalmente cerrada por lo menos tres días. Si se deja menos tiempo se reduce considerablemente la eficacia de la fumigación (figura 36).
 - j. Retirar la carpa plástica, siempre observando el sentido del viento. Abrir todas las puertas y ventanas para facilitar la salida de los gases remanentes (figura 37).
 - k. Hacer una pulverización residual con insecticida en todos los lados y en lo alto de la pila para prevenir una reinfestación del grano (figura 38).

[Figura 28. Comprobar la estabilidad de la pila.](#)

[Figura 29. Examinar el piso alrededor de la pila.](#)

[Figura 30. Inspeccionar las carpas o lonas.](#)

[Figura 31. Colocar la carpa plástica sobre la pila.](#)

[Figura 32. Calcular la dosis de pastillas o tabletas que serán utilizadas.](#)

[Figura 33. Distribuir el fumigante.](#)

[Figura 34. Sellar la carpa plástica con las "culebras de arena".](#)

[Figura 35. Comprobar si existen escapes de gas.](#)

[Figura 36. Dejar la cámara totalmente cerrada por lo menos durante tres días.](#)

[Figura 37. Retirar la carpa plástica.](#)

[Figura 38. Hacer una pulverización residual con insecticida.](#)

Fumigación de granos a granel (en gran escala)

Es fundamental conocer el tipo de unidad de almacenaje cuando se pretende realizar una fumigación de granos almacenados a granel. Así, cada tipo de almacenamiento presenta características propias, ya sea un silo vertical u horizontal, el tipo de granero, la capacidad de almacenar las condiciones de hermeticidad, los sistemas de movilización

del producto y la construcción de la unidad van a influir en la manera de aplicar los fumigantes y en las dosificaciones. Cuando se usa un producto sólido, generalmente la distribución se realiza cuando el producto está siendo almacenado. Las pastillas o tabletas son colocadas a intervalos regulares sobre la cinta transportadora durante la carga. En silos de gran capacidad se utilizan habitualmente equipos que efectúan dosificación automática de las pastillas o tabletas. En el caso de que la unidad almacenadora ya está con el grano almacenado, las pastillas o tabletas pueden aplicarse a través de sondas (figura 39).

[Figura 39. A\) Aplicación de pastillas o tabletas a través de sondas. B\) Equipo para la dosificación automática de tabletas](#)

CUADRO 7: Fumigación de granos a granel

Fumigante	i.a. de la fórmula (%)	Característica del silo	Duración de la fumigación (horas)	Dosificación
Bromuro de metilo	98	Con recirculación del aire	24	18 cm/m ²

Fosfuro de aluminio	57	Cualquier tipo de silo	72	1-3 tabletas/t
Fosfuro de aluminio	57	Cualquier tipo de silo	72	3-6 comprimidos/t (de 0,6 g)

Fumigación de granos a granel con el uso de sondas

Tapar con papel kraft bituminoso, cinta adhesiva o plástico todas las aberturas más comunes del silo, tales como: ventanas de inspección (lateral y superior), ventiladores de aireación, puntos de carga y descarga, respiradores, etc. (figura 40). A continuación se especifican las etapas a seguir:

- nivelar la superficie de los granos para facilitar la operación (figura 41);
- determinar la cantidad de productos existentes en el silo y calcular el número de pastillas o tabletas (figura 42);
- empezar la operación de fumigación, introduciendo la sonda hasta la profundidad máxima permitida (figura 43);

- **colocar una cubierta plástica sobre la superficie de la masa de granos, fijándola en las paredes del silo por medio de "culebras de arena. (figura 44);**
- **mantener la unidad cerrada y tapada por un período mínimo de tres días (figura 45);**
- **tras retirar el plástico, aplicar un insecticida residual en la superficie de la masa de granos (figura 46).**

[Figura 40. Tapar las aberturas más comunes del silo.](#)

[Figura 41. Nivelar la superficie de los granos.](#)

[Figura 42. Determinar la cantidad de producto almacenado y calcular las pastillas o tabletas.](#)

[Figura 43. Efectuar la operación de fumigación.](#)

[Figura 44. Colocar una cubierta plástica sobre la masa de granos.](#)

[Figura 45. Mantener la unidad cerrada y tapada por lo menos tres días.](#)

[Figura 46. Tras retirar el plástico, aplicar un insecticida residual.](#)

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

Conservaci^on del frijol con productos naturales

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

El cultivo de esta leguminosa se lleva a cabo en casi todos los paises de Am^erica Latina, pues es el alimento b^asico en la dieta de la mayor parte de la poblaci^on. El productor a peque^a escala almacena el producto en el per^odo entre cosechas para asegurar su subsistencia y disponer de semilla propia para la pr^oxima plantaci^on. El control de insectos es especⁱfico para cada cultivo y tiene un car^acter preventivo para controlar las plagas en los granos almacenados.

Algunas investigaciones con productos no t^xicos muestran que estos productos presentan un control satisfactorio por un per^odo de cuatro a cinco meses, salvo la tierra de hormiguero, que puede presentar un buen control hasta los ocho meses despu^es de su aplicaci^on. Para que este tipo de control sea efectivo es necesario iniciar los cuidados del grano en la ^epoca de la cosecha. Se recomienda cosechar el producto

con un contenido de humedad del 18 por ciento y después proceder a secar el grano para evitar la infestación inicial en el campo (figura 47).

[Figura 47. Productos naturales para la conservación del frijol.](#)

Productos utilizados

Aceite: La dosis más indicada está entre 2 y 7 ml de aceite por kg de frijol. El aceite y el frijol se mezclan en un homogeneizador durante tres minutos, lo que impide que los insectos depositen los huevos en la superficie de los frijoles (figura 48).

[Figura 48. Utilización de aceite para impedir que los insectos depositen sus huevos en la superficie de los frijoles.](#)

Arena, cenizas y tierra de hormiguero seca. La dosificación es: 1 parte de producto natural por 4 partes de frijol. El producto se mezcla manualmente, cuidando que la arena, la ceniza o la tierra de hormiguero no se depositen en el fondo durante la mezcla. Estos productos matan los insectos por deshidratación, al tapar los conductos respiratorios (figura 49).

[Figura 49. Mezcla de los productos con el frijol.](#)

Pimienta: Dosificación indicada: 250 g de pimienta por l saco de frijol. La pimienta se muele en un molino normal y posteriormente se mezcla con el frijol (figura 50).

[Figura 50. Uso de pimienta para proteger al frijol.](#)

Tierra de hormiguero majada: Dosificación: 3,0 kg de tierra + 2,5 litros de agua por un saco de frijol. Para hacer este tratamiento se recomienda colar la tierra en un cedazo de malla de 3 mm y después poner el agua hasta que la mezcla adquiera la consistencia deseada. Solo entonces se mezcla con el frijol (figura 51).

[Figura 51. Protección del frijol con tierra de hormiguero mojada.](#)

Métodos preventivos para controlar insectos en mazorca

Se presentan dos sistemas preventivos para controlar insectos en mazorcas de maíz almacenadas en trojes o almacenes. El primero consiste en seleccionar las mazorcas buenas y el segundo en el uso de hojas de eucalipto.

Separación de las mazorcas bien cubiertas. Se trata de una tecnología desarrollada por

el Centro Nacional de Investigación de Maíz y Sorgo de EMBRAPA (Brasil) y consiste en seleccionar y almacenar solamente las mazorcas bien cubiertas, aquellas en las que las hojas se extienden 2 cm o más allá de la punta de la mazorca (figura 52). Las mazorcas mal cubiertas, que tienen expuesta la punta, deben almacenarse separadas y consumirse primero (figura 53).

[Figura 52. Mazorcas bien cubiertas.](#)

[Figura 53. Mazorcas mal cubiertas.](#)

Uso de hojas de eucalipto. Este procedimiento consiste en lo siguiente.

- Colocar en el fondo del granero una capa de 2 a 3 cm de espesor de hojas de eucalipto (figura 54).
- Colocar sobre las hojas de eucalipto una capa de 20 a 30 cm de espesor del maíz fumigado y nivelar la superficie del maíz (figura 55).
- Ir colocando sucesivamente una capa de hojas y otra de producto hasta llenar el depósito (figura 56).
- Al retirar el maíz se debe cuidar de que la superficie quede siempre bien nivelada (figura 57).

[Figura 54. Colocación de las hojas de eucalipto.](#)

[Figura 55. Colocaci3n del ma3z fumigado y nivelaci3n de la superficie.](#)

[Figura 56. Colocaci3n sucesiva de hojas y producto hasta llenar el dep3sito.](#)

[Figura 57. Observar que la superficie quede bien nivelada.](#)

Roedores

Los roedores constituyen un serio problema, ya que causan enormes da3os en la conservaci3n y almacenaje de los granos alimenticios y sus subproductos. Las p3rdidas y destrucci3n de productos equivalen a diez veces el valor de lo que consumen como alimento. Las ratas consumen el 10 por ciento de su peso diariamente, mientras que los ratones comen del 10 al 16 por ciento de su peso. Adem3s, los roedores depositan sus excrementos, orinas, pelos y pulgas sobre los productos almacenados, contaminando, por consiguiente, la masa de granos y el mismo almac3n. Los dientes incisivos de estos animales son capaces de roer muchos materiales como madera, sacos y ladrillos. Pueden roer tubos de plomo, hilos de conducci3n el3ctrica y causar incendios a trav3s de cortocircuitos.

Además de ser animales destructores, los roedores son una fuente de enfermedades para los seres humanos y para los animales domésticos. Causan enfermedades como la peste bubónica (provocada por la bacteria *Pesteurella pestis*), la fiebre de mordedura de ratón (producida por la bacteria *Spirillum minus* y *Streptobacillus moniliformis*), la ictericia (provocada por la bacteria *Leptospira icterohaemorrhagiae*), la rabia y otras enfermedades ocasionadas por mordeduras directas o transmitidas por la orina y las deposiciones, y a través de sus parásitos internos o externos.

Los roedores se caracterizan por pertenecer al grupo de los mamíferos más prolíferos. Son animales de gran potencial biótico, es decir, poseen gran capacidad de reproducción. Otra importante característica es su adaptación a las más distintas áreas ecológicas. Soportan todos los climas, desde los más fríos hasta los más calientes, y viven en regiones de alta vegetación o en áreas prácticamente estériles.

Especies de roedores que atacan los granos almacenados

Tres especies de roedores causan daños de importancia económica a la conservación y almacenamiento de granos: rata de los techos (*Rattus rattus*), rata gris (*Rattus norvegicus*) y ratón casero (*Mus musculus*).

Identificación y características

1) Rata gris (*Rattus norvegicus*)

Distribución. Es un animal que vive en clima templado que generalmente se asocia íntimamente a las viviendas humanas. La rata gris es muy desarrollada y agresiva, y raramente se encuentra asociada a otras especies. Se aloja a menudo fuera de los edificios, en agujeros y madrigueras subterráneas (figura 58).

[Figura 58. Rata gris \(*Rattus norvegicus*\).](#)

Descripción.

- **Peso:** 350 gramos aproximadamente
- **Largo:** 30 a 45 cm
- **Cabeza y cuerpo:** nariz chata y cuerpo grueso y pesado
- **Cola:** menor que la cabeza y el cuerpo
- **Orejas:** pequeñas
- **Piel:** color café o gris

Ciclo de vida.

- **Período de madurez sexual: 2 a 3 meses**
- **Período de gestación: 23 días**
- **Número de individuos en cada cría: 8 a 12 hijuelos**
- **Número de cría por año: 5 a 8**
- **Período de vida: menos de un año**

Hábitos. Las ratas se alojan en general fuera de los edificios, en agujeros subterráneos o en sitios correspondientes a construcciones. Se encuentran también en madrigueras en los terraplenes, junto a los ferrocarriles, en los almacenes, depósitos de basura, etc. Las ratas que viven en el interior de los edificios buscan alimento en el exterior invadiendo las viviendas y depósitos durante la noche y volviendo de inmediato a sus cuevas. Caminan sobre superficies planas, pero pueden también subir escaleras, tambores y paredes irregulares, si hay necesidad de buscar alimento. Las ratas prefieren las sustancias con carbohidratos y proteínas, aunque pueden comer otro tipo de alimento.

2) Rata de los techos (*Rattus rattus*)

Distribución. Es una rata común de los graneros y almacenes de subproductos. Tiene facilidad para adaptarse a lugares lejanos a las viviendas humanas y puede encontrarse

en el campo y en las matas. Prefiere los climas tropicales (figura 59).

Figura 59. Rata de los techos (*Rattus rattus*).

Descripción.

- **Peso: 220 gramos aproximadamente**
- **Largo: 34 a 41 cm**
- **Cabezas y cuerpo: nariz puntiaguda y cuerpo fino**
- **Cola: más larga que la cabeza y el cuerpo**
- **Orejas: grandes**
- **Piel: negra, café o parda**

Ciclo de vida

- **Período de madurez sexual: 2 a 3 meses**
- **Período de gestación: 22 días**
- **Número de individuos en cada cría: 6 a 8**
- **Número de crías por año: 4 a 6**
- **Período de vida: menos de 1 año**

Hábito. Debido a su gran capacidad de alcanzar los puntos altos de los edificios,

construyen sus madrigueras en cualquier parte donde estén lo suficientemente abrigadas. Sus colores varían mucho, incluso en individuos de la misma especie. Sus alimentos preferidos son las semillas, frutos, hortalizas, trigo y salvado. Viven en colonias, siempre juntos los unos de los otros y cerca de la fuente de alimento.

3) Ratón casero (*Mus musculus*)

Distribución. Constituye la especie de menor tamaño y presenta la característica de hacer agujeros pequeños, en distintos locales, sin concentrar su actividad en un único lugar (figura 60). Se encuentra en todo el mundo, pues está adaptado para vivir bajo cualquier condición climática. Presenta un olor característico y desagradable, que pasa a los granos, principalmente cuando vive en los mismos sitios donde éstos se encuentran.

Figura 60. Ratón casero (*Mus musculus*)

Descripción.

- Peso: 15 a 25 gramos
- Largo: 15 a 19 cm

- **Cabeza y cuerpo: pequeño**
- **Cola: el largo de la cola igual al conjunto del cuerpo y cabeza**
- **Orejas: grandes con respecto al tamaño del animal**
- **Piel: blanda, de coloración pardo clara**

Ciclo de vida.

- **Periodo de madurez sexual: 1 a 1,4 meses**
- **Periodo de gestación: 19 días**
- **Número de individuos en cada cría: 5 a 6**
- **Número de cría por año: 8**
- **Periodo de vida: menos de 1 año**

Hábitos. Los ratones de esta especie son buenos trepadores; nadan bien; saltan perfectamente, de modo que los animales jóvenes pueden pasar por aberturas de 0,5 cm. Poseen notable sentido de olfato, tacto y oído, pero mala vista, y construyen sus madrigueras con sustancias blandas y pequeñas ramas. Sus hábitos alimenticios son curiosos: les gusta probar alimentos nuevos y, en general, buscan los mismos alimentos preferidos por los seres humanos; pueden sobrevivir con poca cantidad de agua.

Presencia de roedores en el almacén

Dado que el ratón presenta una ruta regular en su movimiento, produce un rastro bien definido. En el exterior de los edificios su presencia se distingue porque deja un camino liso en el suelo, sin vegetación. En el interior de los almacenes se perciben las huellas dejadas en los rincones, debido al polvo y las harinas que hay normalmente en el piso. Otras marcas de la presencia de ratones son los agujeros producidos en los sacos o recipientes de madera.

Las deposiciones son una forma de identificar a los ratones; se las encuentra a lo largo de los caminos por donde pasan o próximo a sus lugares de alimentación. Las deposiciones frescas presentan un aspecto brillante y oscuro mientras que las viejas tienen la coloración opaca y dura. El *Rattus norvegicus* las presenta en forma aplastada, con unos 1,9 cm de largo aproximadamente, mientras que las del *Rattus rattus* son de forma puntiaguda, con 1,25 cm de largo, igual que las del *Mus musculus*, que solo miden 0,65 cm.

Cuando hay necesidad de efectuar un análisis más riguroso, se puede utilizar la luz ultravioleta para detectar la presencia de orina de ratón, ya que se presenta una fluorescencia en los sitios afectados.

Inspección y aseo

El paso inicial para un buen programa de combate de los roedores es conocer la especie, lugar de reproducción, fuentes de alimento y la intensidad de la infestación.

Medidas preventivas

Eliminación de los refugios. Una de las principales medidas profilácticas es eliminar los escondrijos preferidos por las ratas. Toda vegetación alta alrededor de los edificios, la basura amontonada, la madera apilada y los residuos de productos almacenados deben ser eliminados. Se debe tapar con cemento todos los agujeros, grietas y aberturas en las paredes del almacén. El alcantarillado, los respiradores, las aberturas para ventilación y las ventanas deben protegerse con telas metálicas con orificios menores de 0,6 cm (figura 61).

[Figura 61. Malezas, basuras y desperdicios sirven de refugio para los roedores.](#)

Edificios a prueba de roedores. En el caso de un depósito de madera, debe elevarse el piso de modo que quede como mínimo a unos 80 cm por encima del suelo. Alrededor de los pilares se deben colocar barreras contra ratones para impedir que trepen por ellos (figura 62). En un almacén tradicional es necesario cubrir las paredes externas con argamasa de cemento liso hasta unos 60 cm de altura, y procurar que las puertas y ventanas ajusten perfectamente (figura 63).

Figura 62. Barreras contra ratones.

Figura 63. Las puertas y ventanas deben ajustar perfectamente.

Medidas curativas

Control químico. Como complemento de las medidas profilácticas preventivas, se dispone de un método de control que consiste en la utilización de trampas y rodenticidas. Los rodenticidas son sustancias químicas usadas para exterminar a los roedores; estas sustancias deben ser sumamente tóxicas en dosis muy pequeñas para que al mezclarlos con los cebos no sean advertidos por el roedor. Existen dos grupos de rodenticidas: los de acción rápida, que se emplean en "dosis única" y los de acción lenta, empleados en "dosis múltiples" y que son generalmente del tipo anticoagulante.

Los rodenticidas de acción rápida matan pronto a los roedores, pero presentan el inconveniente de que si comen dosis sub-letales, provocan el rechazo del cebo. Los de acción lenta son aquellos en que el ratón consume dosis múltiples del cebo envenenado hasta completar la dosis letal. Los síntomas de intoxicación solo aparecen después de algún tiempo. En el mercado existen nuevos productos de acción lenta, pero de una sola dosis. Estos tienen la ventaja de que son efectivos en dosis muy pequeñas y vienen ya preparados, de modo que no necesitan cebos y son menos rechazados por los roedores (figura 64).

Figura 64. Cebos roedores.

Rodenticidas de acción rápida. Este tipo de veneno actúa rápidamente, causando la muerte de los roedores. Son productos sumamente tóxicos, que deben ser puestos en lugares donde haya graves problemas con los roedores; pero debe garantizarse que no se produzca ningún contacto con los alimentos. Su aplicación requiere de una persona autorizada y experimentada, que tenga conocimientos y práctica en el combate contra los ratones. Los principales ingredientes de los productos más usados son: estricnina, sulfato de talio, arsénico, alfa-naftil-tiourea, escila roja, shoxin. La dosificación de cada producto se indica en su respectiva caja. Cuando se los emplea para la fabricación de cebos, se deben seguir las instrucciones del fabricante. El uso de algunos de estos productos ha sido prohibido debido a su alta toxicidad.

Rodenticida de acción lenta. Son productos que provocan el envenenamiento de los ratones, en dosis pequeñas, por lo que los animales no lo advierten cuando comen el cebo. Actúan inhibiendo la formación de la protrombina y producen hemorragias internas que los llevan a la muerte. Los principios activos de los productos utilizados son: hidroximarinas (warfarina, fumarina) e indandionas (pival, valona, difacinona).

Cebos envenenados. La elección de un alimento para cebo envenenado es una tarea importante para que el control tenga éxito. Los cebos deben ser apetecibles y ejercer una acción atractiva, principalmente cuando se trata de almacenes donde existen

abundantes alimentos. Considerando la gran variedad de alimentos que los ratones ingieren, no hay ningún cebo que sea el "mejor". Aceptan normalmente subproductos del maíz, carne, verduras, frutas, etc. Para que la operación sea realmente eficiente es necesario realizar pruebas con alimentos no envenenados, hasta encontrar qué cebo es el preferido por los ratones (figura 65).

[Figura 65. Pruebas de cebos para conocer las preferencias de los ratones.](#)

Hongos

Los hongos son organismos multicelulares, cuyas células se organizan en filamentos llamados hitas. La masa de hitas se conoce con el nombre de micelio y es la parte vegetativa. Los hongos se multiplican por esporas (figura 66).

[Figura 66. Grano sano e invadido por hongos.](#)

Cuando los hongos atacan los granos, se producen pérdidas debidas a varias causas:

- a. disminución del poder germinativo**

- b. decoloración de la semilla
- c. calentamiento
- d. alteraciones bioquímicas
- e. posibilidad de producción de toxinas, y
- f. pérdida de materia seca.

Condiciones para su crecimiento

Se han aislado más de cien especies de hongos de los granos de cereales. Cada una tiene una temperatura óptima y una mínima, y un valor de humedad relativa para el desarrollo de los hongos. La temperatura ideal para el crecimiento de la mayor parte de los hongos en los granos está entre los 25 y los 26°C; sin embargo, algunos hongos se desarrollan mejor alrededor de los 37°C. La temperatura mínima es variable y se ha establecido que algunos hongos crecen muy bien alrededor de 0°C (figura 67).

[Figura 67. Temperatura de crecimiento para los hongos.](#)

En cuanto a la humedad relativa del aire, la germinación de las esporas varía entre los 65 y el 93 por ciento, dependiendo de la especie. Por lo tanto, para prevenir el

crecimiento de los hongos, la humedad relativa del aire en el interior de la masa de granos, deberá ser menor que 65 por ciento y la temperatura, lo más baja posible, dentro de ciertos límites económicos y técnicos reales (figura 68).

Figura 68. Humedad relativa del aire.

Hongos de campo

Los principales hongos de campo encontrados en los granos de los cereales son de los géneros Cladosporium, Helminthosporium, Alternaria y Fusarium. Causan la decoloración de los granos de los cereales, lo que a menudo se observa cuando los granos quedan expuestos a la excesiva humedad de las cosechas. Además de afectar la apariencia del grano, los hongos de campo pueden ocasionar una disminución del poder germinativo de las semillas.

Hongos de almacén

Los daños causados por los hongos de almacén son mayores que los producidos por los hongos de campo. Las esporas de algunos hongos de almacenaje están presentes en los granos antes de la cosecha. Bajo condiciones favorables de temperatura y humedad, las esporas crecen y los granos son invadidos por los hongos. Las condiciones que afectan el desarrollo de los hongos en los granos son:

- a. humedad elevada del grano**
- b. temperatura relativamente alta del grano**
- c. condición del grano (partido, sucio, etc.)**
- d. cantidad de materias extrañas en el grano, y**
- e. presencia de organismos extraños.**

Contenido de humedad del grano y temperatura. Ninguna especie de hongo se desarrolla a una humedad relativa inferior al 60 por ciento. Los hongos de la especie *Aspergillus*, la más resistente a ambientes secos, entre los hongos de granos almacenados, crece a 65 por ciento de humedad relativa. Como muchas especies se desarrollan a más de 70 por ciento de humedad relativa, un grano a 27°C estará expuesto a la invasión de hongos de almacén mientras el nivel de humedad está por encima del 12,5 al 13,4 por ciento.

Es importante notar que una medición de la humedad promedio dentro del almacén no determina ni garantiza el período del almacenaje de los cereales. El deterioro puede

presentarse en lugares aislados del almacén, donde la humedad del grano es alta. El grano almacenado con un nivel de humedad promedio del 13 por ciento, pero que presenta una variación entre el 10 y el 16 por ciento, no es seguro para un almacenamiento a largo plazo, debido a que en alguna parte del lote existen granos con 16 por ciento de humedad (figura 69).

Condición del grano. Los granos y semillas deben estar en buenas condiciones y no presentar ningún daño, para evitar la aparición de hongos y facilitar las mejores condiciones de almacenaje (figura 70).

[Figura 69. Grano almacenado invadido por hongos.](#)

[Figura 70. Los hongos invaden con mayor facilidad los granos dañados.](#)

Materias extrañas. El grano con alto porcentaje de materias extrañas generalmente no está del todo seco. La limpieza del grano antes del secado es una de las mejores formas de evitar la presencia de hongos y de insectos (figura 71).

[Figura 71. Equipo para la limpieza de los granos.](#)

Organismos extraños. Algunos de los insectos que infestan los granos almacenados, en los que las etapas de larva y ninfa se desarrollan dentro del grano, llevan consigo un gran

El número de esporas de hongos de almacén. La infestación por insectos proveen la temperatura y la humedad necesarias para un rápido crecimiento de estos hongos (figura 72). Los ácaros se desarrollan en granos contaminados por hongos y posteriormente se vuelven sus transmisores para toda la masa de granos.

[Figura 72. Los insectos propician la invasión de los granos por hongos.](#)

Prevención de los hongos

El desarrollo de los hongos en los granos de cereales puede ser controlado por medios físicos y químicos. Los ácidos propiónico, acético, butírico y fórmico pueden ser usados como preventivo químico de los hongos en granos con alto contenido de humedad (20 a 35% b.h.). La dosificación de cada producto varía según el contenido de humedad del grano, la temperatura ambiental del almacén, la cantidad de granos dañados y el período de almacenamiento. En general, los granos tratados con ácidos (como el propiónico, por ejemplo) no se enmohecen, pero la viabilidad de la semilla se ve muy afectada.

La cantidad de ácido que se utiliza varía según la humedad del grano y el período

de almacenamiento. En el caso de un almacenamiento de 10 meses, un lote de maíz con 19, 22 y 24 por ciento de humedad debe ser tratado con las cantidades de 0,2, 0,3 y 0,4 por ciento respectivamente. Debe notarse que este tipo de tratamiento no puede utilizarse para alimentos destinados al consumo humano (figura 73).

Los métodos físicos para el control de los hongos de almacén son el mantenimiento de humedades y temperaturas las más bajas posibles, en la masa de granos, dentro de márgenes razonables y económicos. La limpieza adecuada del producto al llegar al centro de acoplo o almacenamiento es otra precaución indispensable para prevenir y controlar los hongos.

[Figura 73. Aplicación de productos químicos para prevenir el desarrollo de hongos.](#)

Micotoxinas

Algunos de los hongos que se desarrollan en los granos producen sustancias químicas que son tóxicas tanto para los seres humanos como para los animales. Tales venenos químicos reciben la denominación de micotoxinas. Un grupo específico de micotoxinas, las aflatoxinas, ha sido considerado de gran peligro para los animales y las personas. La aflatoxina es procedente de los hongos de almacén, *Aspergillus* (específicamente *Aspergillus flavus*), cuyas esporas se encuentran muy diseminadas en

la naturaleza.

Una pequeña cantidad de aflatoxinas en el grano puede causar enfermedades graves y aun la muerte de animales. No todos los animales son susceptibles a la aflatoxina; los más jóvenes son más susceptibles que los más viejos. Se ha observado que las aves domésticas, los cerdos y los bovinos sufren serias alteraciones patológicas cuando ingieren alimentos contaminados con aflatoxinas.

Bibliografía

BROOKER, D.B., BAKKER-ARKEMA, F.W. and HALL, C.W. 1974. Drying cereal grains. Westport, Connecticut, U.S.A., The Avi Publishing Company.

CHRISTENSEN, C.M. and HAUFMANN. 1974. Storage of cereal grains and their products. St. Paul, Minnesota, U.S.A., Ameritan Association of Cereal Chemists. 2nd. ed. 549 p.

COMPANHIA ESTADUAL DE SILOS E ARMAZENS. 1974. Graos; beneficiamento e armazenagem. Porto Alegre-RS, Brasil, Salina. 148 p.

DELL ORTO, H.V. y ARIAS, C.J.V. 1985. Insectos que dañan granos y productos almacenados. FAO, Santiago, Chile. 142 p.

DHINGRA, O.D. 1985. Deteriora o fúngica. Viçosa-MG, Brasil, CENTREINAR. 8p.

LIMA, J.O.G., da SILVA,, F.A.P. e FARONI, L.R.D. 1983. Insetos dos graos armazenados. Belo Horizonte-MG, Brasil. Informe Agropecuario. 9(99):4554.

LIMA, J.O.G., VILELA, E.F. e ZANUNCIO, J.C. 1979. Controle de pragas. ViçosaMG, Brasil, CENTREINAR. 61 p.

PUZZI, D. 1986. Abastecimento e armazenagem de grãos. Campinas-SP, Brasil, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. 604 p.

[Índice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

VI. Aireación de los granos

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)

Introduccion

En el pasado, periódicamente se hacía el "transilaje" de los granos moviéndolos de una celda de almacenamiento a otra para que el aire pasara por el grano y así mantener la calidad comercial del producto. Hoy en día la aireación, que mueve el aire a través de la masa de granos, se ha tornado una práctica común en todo el mundo, y se acepta como una técnica de conservación de la calidad de los granos almacenados. La aireación es una técnica aplicable para cualquier estructura de almacenamiento a granel. Sin duda, el almacenamiento a granel por un periodo de tiempo prolongado, tanto en silos como en graneros, es impracticable sin un sistema de aireación bien proyectado y adecuadamente manejado.

En aireación de granos, los caudales de aire utilizados son muy pequeños y, en consecuencia, el proceso de enfriamiento y uniformación de la temperatura de la masa es bastante lento, exigiendo muchas horas para realizarse plenamente. Además, es importante que el aire del ambiente que va a ser forzado a través de la masa de granos, esté en condiciones de temperatura y humedad adecuadas para que se puedan aprovechar todos los beneficios que la técnica puede ofrecer.

A continuación se proporcionan algunos fundamentos del uso de la aireación como técnica de conservación de la calidad de los granos almacenados e indicaciones de los parámetros a considerar, al tomar la decisión de encender el ventilador.

En el Brasil, por ser la aireación una técnica que está siendo aplicada desde hace pocos años, hay una concepción de uso del sistema como "herramienta" para la solución de problemas de calentamiento de la masa de granos; esto es, uso de la aireación como técnica correctiva. Debe comprenderse que la aireación es una técnica de conservación que debe ser usada de manera preventiva.

Sin duda, nunca es posible mejorar la calidad del producto almacenado; a lo más se consigue preservar la calidad inicial del producto recibido, y todos los esfuerzos que se hacen durante el almacenaje deben ser dirigidos hacia ese objetivo: mantener la calidad de los granos. En este contexto, la aireación tiene un papel esencial, motivo por el cual es preciso que se explote al máximo.

Objetivos generales de la aireación

La aireación es el movimiento forzado de aire ambiente adecuado a través de la masa de granos, con el objetivo específico de disminuir y uniformar la temperatura, propiciando condiciones favorables para la conservación de la calidad del producto

durante un periodo de tiempo prolongado.

La aireación de los granos es el método de control ambiental más difundido y usado en la preservación de la calidad de los granos almacenados. Esta tecnología se usa para modificar el microclima de la masa de granos provocando ciertas condiciones que son desfavorables para el crecimiento de organismos perjudiciales.

Esta técnica no es muy reciente, pues desde 1793 ya se tenían noticias de sistemas de aireación dotados de fuelles accionados por "molinos de viento.. Hoy es utilizado en todo el mundo, principalmente en los Estados Unidos, los países europeos, Australia, Israel y Argentina. En el Brasil, a pesar de que se puede considerar como muy reciente el uso de la aireación, su divulgación y uso están creciendo en forma bastante acelerada. En este país aún se puede considerar como una práctica común el "transilaje", que tiene el mismo objetivo de la aireación, o sea, disminuir y uniformar la temperatura de la masa de granos. El transilaje se realiza transfiriendo la masa de granos de una célula de almacenamiento a otra; con lo que los granos se enfrían al pasar por el aire durante el movimiento del producto en los elevadores, en los transportadores horizontales y en la descarga por gravedad.

El transilaje resuelve parcialmente el problema de exceso y falta de uniformidad de la temperatura, ya que la reducción de la temperatura es pequeña, y son necesarias varias operaciones de transilaje para que ocurra una disminución significativa de la

misma. La energía gastada, los daños y pérdidas provocados por el movimiento del producto (quiebre de granos y aumento del número de granos trizados), el desgaste del equipo, el espacio extra requerido, y el tiempo necesario para ejecutar la operación, son algunos de los factores que ponen en desventaja al transilaje en comparación con la aireación. El sistema de aireación, en general, está formado por los siguientes elementos.

- a. Un dispositivo para mover y forzar el paso del aire a través de la masa de granos (ventilador)
- b. Ductos de alimentación y aire
- c. Ductos de distribución del aire (figura 1).

En el transilaje se utilizan los equipos que existen en la estructura de almacenamiento para mover el producto (figura 2).

[Figura 1. Sistema para la distribución del aire.](#)

[Figura 2. Transilaje de granos utilizando los equipos ya existentes en la estructura de almacenamiento.](#)

Para comprender el tema de la aireación es necesario: primero conocer lo suficiente respecto a las causas del deterioro de los granos en almacenamiento, identificar las

variables que influyen en el proceso y saber cuáles propiedades físicas de los productos son importantes para esta técnica. Con esta información, se puede propiciar un microclima en la masa de granos que ayude a preservar la calidad del producto durante el almacenamiento.

Masa de granos: Un sistema ecológico

Una masa de granos es un sistema ecológico creado por el hombre. En este sistema, los organismos vivos (componentes biológicos) y el medio ambiente dentro de la masa, donde hay componentes que no son organismos vivos (medio abiótico) interactúan entre sí. El deterioro de los granos almacenados resulta de la interacción entre variables físicas, químicas y biológicas. En este sistema ecológico, el principal organismo vivo es el grano. Tanto el grano como la masa de granos poseen atributos físicos y biológicos, algunos de los cuales dependen principalmente del medio que los rodea.

El medio abiótico de la masa de granos incluye variables físicas como la temperatura, variables químicas inorgánicas, el oxígeno y gas carbónico, y variables físico-químicas como la humedad y un conjunto de compuestos orgánicos, los cuales son el

subproducto de la actividad biológica. Existen otras variables bióticas de la masa, incluyendo microorganismos (tales como hongos, levaduras y bacterias) y artrópodos (como insectos y ácaros); además de vertebrados (roedores y pájaros). Estas plagas que atacan los granos, raramente actúan solas (figura 3).

El deterioro de los granos almacenados es, en cierta forma, un proceso complejo. Normalmente es un proceso lento y al principio poco perceptible. Sin embargo, puede ser rápido si las variables que influyen en el mismo están correctamente combinadas; esto es, si las variables físicas, químicas y biológicas son favorables a la actividad biológica del grano y de los otros organismos vivos que habitan en el medio ecológico creado en la masa de granos.

Higroscopicidad de los granos

Los granos de las diversas especies de cereales, oleaginosas y otros son de naturaleza higroscópica; es decir su contenido de humedad varía de acuerdo a las condiciones de temperatura y humedad relativa del aire ambiente donde se encuentran. El grano puede ganar humedad (absorción) o perder humedad (desorción). Para cada combinación de temperatura y humedad relativa del aire, existe un contenido de humedad del grano que

se mantiene en equilibrio con esa temperatura y humedad relativa; ese contenido de humedad es denominado "humedad de equilibrio del grano" (cuadros A-1 al A-6 en anexo).

Figura 3. Factores bióticos y abióticos que influyen en el deterioro de los granos.

La afinidad entre los granos y el agua es comúnmente denominada higroscopicidad. El potencial de absorción de agua de las sustancias que constituyen el grano puede ser representado gráficamente o en la forma de tablas, como las presentadas en el anexo. Una isoterma describe la cantidad de agua absorbida por un material biológico (contenido de humedad) a una cierta temperatura y humedad relativa que se mantienen constantes. La figura 4 muestra las isotermas del maíz para algunas temperaturas.

Figura 4. Isotermas del maíz para algunas temperaturas.

Actividad del agua

El concepto de actividad del agua (A_w) está relacionado con su potencial químico; la actividad del agua es, en la práctica, igual a la humedad relativa de equilibrio expresada

en decimal:

$$A_w = \frac{\text{H.R. de E (\%)}}{100}$$

La actividad del agua es un indicador de la disponibilidad de este elemento para la actividad biológica del grano y de los microorganismos que lo atacan. Para considerar la estabilidad de un producto almacenado y sus riesgos de deterioro, se debe analizar la actividad del agua en conjunto con la temperatura. Este análisis proporciona mayor información práctica que solo analizar el contenido de humedad y temperatura. Esto se verá con más detalle más adelante.

En una masa de granos almacenados con determinado contenido de humedad ("H") y temperatura ("T"), la temperatura y humedad relativa del aire del espacio intergranular, están en equilibrio con las condiciones del grano. Esto quiere decir que la temperatura del aire y del grano entrarán en equilibrio, y que la humedad relativa del aire estará determinada por el contenido de humedad y por la temperatura de equilibrio aire-grano (figura 5).

[Figura 5. Actividad del agua en el grano. Factores que influyen en el equilibrio aire-grano.](#)

Disponibilidad de agua y estabilidad del grano en almacenamiento

Las reacciones químicas y bioquímicas requieren un mínimo de "agua solvente" para poder comenzar, así su velocidad aumenta en función de la cantidad de "agua solvente" disponible. Como ejemplo se pueden citar las reacciones enzimáticas, las reacciones de maduración, hidrólisis de proteínas y la gelatinización de carbohidratos. En la figura 6 se muestra el deterioro que ocurre en los granos.

Figura 6. Deterioro de los granos en función de la actividad de agua

En el cuadro 1 se presentan datos de la actividad del agua en algunas especies de granos para temperaturas de 4°C a 38°C, y los contenidos de humedad en que los productos son comúnmente almacenados en América Latina. La actividad del agua de los granos por debajo de 0,65, prácticamente elimina el riesgo de crecimiento de hongos; en consecuencia se evita su deterioro. Los granos con contenido de humedad y temperatura que corresponden a la actividad del agua entre 0,65 a 0,70 pueden ser almacenados por un período de tiempo corto (algunos meses). La actividad de los hongos, con esa disponibilidad de agua, es lenta; por ejemplo, si hubiese un foco de insectos, la elevación de la temperatura debida a la respiración de los mismos podría ocasionar un aumento de la velocidad de crecimiento de los hongos y el deterioro del producto. Los granos con contenido de humedad y temperatura que corresponde a la actividad del

agua superior a 0,70 no están en condiciones aptas para el almacenamiento, puesto que la disponibilidad de agua es elevada. En efecto, la actividad biológica de los granos y de los microorganismos será más rápida.

[CUADRO 1: Actividad de agua de algunas especies de granea, para varios contenidos de humedad y temperaturas, comunmente usados en el almacenamiento de granos](#)

Contenido de humedad

Como se muestra en el cuadro I, el comportamiento de cada especie de granos es diferente en relación a los valores de la actividad del agua para un determinado contenido de humedad y temperatura del grano. Por ejemplo, el maíz una actividad de agua igual a 0,621 para una temperatura de 30°C y contenido de humedad de 12,5. Para ese mismo contenido de humedad, la actividad del agua de la soja es 0,720. En el primer caso, para el maíz la actividad del agua asegura la estabilidad del producto durante el almacenamiento; en el segundo caso, para la soja, el producto no está en condiciones de almacenarse por un período de tiempo largo. El análisis de la actividad del agua es el factor más importante para establecer los contenidos de humedad recomendados para el almacenamiento seguro de los granos.

Microflora de los granos almacenados

La microflora de los granos almacenados está constituida por una gran variedad de microorganismos, siendo los hongos los principales. La disponibilidad de agua y la temperatura son los principales factores que influyen en el crecimiento de los microorganismos en granos almacenados. Sin duda, los agentes fundamentales de deterioro de los granos almacenados son los hongos. En la figura 6 se ve esquematizada la actividad del agua necesaria para el crecimiento de hongos, bacterias y levaduras en los cereales. Se puede observar que el desarrollo de las bacterias y levaduras solamente se presenta bajo condiciones de elevada disponibilidad de agua, arriba de 0,85 para levaduras y de 0,90 para bacterias. Por ejemplo para el maíz, con temperaturas de 20°C a 30°C esto corresponde a contenidos de humedad mayores de 17,0 por ciento, base húmeda.

El cuadro 2 muestra los principales hongos de los granos almacenados, junto con la actividad de agua mínima para su crecimiento a una temperatura de 26°C. El cuadro 3 muestra el contenido de humedad de algunas especies de granos y semillas en equilibrio con actividades del agua en el rango de 0,65 a 0,85 para temperaturas entre 24°C y 30°C. Las temperaturas mínimas, óptimas y máximas para el crecimiento de algunos

hongos del almacenamiento se muestran en el cuadro 2 del capítulo 3.

Al analizar la información contenida en los cuadros 1 al 3, queda claro por qué es necesario establecer el contenido de humedad más apropiado para el almacenamiento seguro de cada especie de granos. Cada especie tiene un comportamiento higroscópico diferente, lo que se refleja en la actividad del agua que el grano mantiene. El contenido de humedad para un almacenamiento prolongado, sin que se produzca desarrollo de hongos, es aquel en que la actividad del agua del grano es menor de 0,65 para las temperaturas que son comunes para el almacenamiento de los granos.

CUADRO 2: Actividad del agua y humedad relativa mínima de equilibrio para el crecimiento de algunos hongos de almacenamiento, a una temperatura óptima de 26 a 30 °C

Hongos	Actividad del agua	Humedad relativa de equilibrio (%)
Aspergillus helophilicus	0,68	68
Aspergillus restrictus	0,70	70
Aspergillus glaucus	0,73	73
Aspergillus candidus	0,80	80

Aspergillus ochraceus	0,80	80
Aspergillus flavus	0,85	85
Penicillium spp	0,80 a 0,90	80 a 90

Fuente: CHRISTENSEN, 1974

[CUADRO 3: Contenido de humedad de algunos granos y semillas en equilibrio con diversas humedades relativas, para un rango de temperatura de 24°C a 30°C](#)

Insectos de los granos almacenados

Los insectos que habitan en los granos almacenados son en su mayoría de naturaleza subtropical y no de climas fríos por lo que su temperatura óptima de crecimiento debe estar entre 27°C a 37°C. Al disminuir la temperatura de la masa de granos abajo de 17°C, el desarrollo de la mayoría de las especies es insignificante. Los límites de temperatura, mínima y óptima, para el desarrollo de las diversas especies de insectos que infestan los granos almacenados se indican en el cuadro 4.

CUADRO 4: Temperaturas, mínimas y óptimas, para el desarrollo de diversas especies de insectos que infestan los granos almacenados

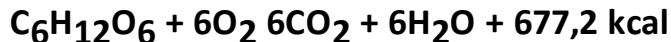
Insectos	Temperatura (�C)	
	Mínima	Optima
<i>Sitophilus orizae</i>	17	23-31
<i>Oryzaephilus mercator</i>	20	31-34
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	21	31-34
<i>Tribolium confusum</i>	21	30-33
<i>Tribolium castaneum</i>	22	32-35
<i>Lasionderma serricorne</i>	22	32-35
<i>Cryptolestes pusillus</i>	22	28-33
<i>Crptolestes ferrugineus</i>	23	32-35
<i>Rhyzopertha dominica</i>	23	32-35
<i>Trogoderma granarium</i>	24	33-37

Fuente: Puzzi, 1986.

Respiración

Granos y hongos, como todo organismo, respiran para mantenerse vivos. La medición de la respiración de los granos es difícil, pues es prácticamente imposible separar la respiración de los granos de aquella de los hongos asociados. Los principales productos de la respiración y del consumo de reservas de los granos, desde el punto de vista de la conservación de los mismos, son el agua y la energía. Bajo condiciones aeróbicas, la combustión completa de un carbohidrato típico y de la grasa es representada por las siguientes ecuaciones:

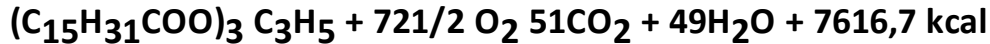
D- Glucosa



1,0 litro de O₂ consumido = 5,04 kcal

1,0 litro de CO₂ producido = 5,04 Kcal

Tripalmitina



1,0 litro de O₂ consumido = 4,69 kcal

1,0 litro de CO₂ producido = 6,67 kcal

Varios son los factores que influyen en la velocidad del proceso de respiración de los granos almacenados. Entre estos factores, los principales son: contenido de humedad, temperatura, disponibilidad de oxígeno y manejo del grano. Es interesante analizar estos factores en conjunto para determinar el comportamiento de la masa de granos almacenados. Cuanto mayor es la disponibilidad de humedad y de temperatura, mayor es la velocidad de respiración del producto, considerándose que el oxígeno presente es suficiente para el proceso.

El comportamiento de los granos durante su almacenamiento está influenciado por las condiciones climáticas existentes durante su crecimiento, por el grado de maduración durante la cosecha, por el método de cosecha y por la manipulación que sufrió el producto antes del almacenamiento. Así, cuanto mayores son los daños sufridos por el producto desde su producción hasta el momento del almacenamiento, más susceptible estará a los agentes que causan el deterioro. Los granos sanos presentan tasas de respiración menores que aquellos que sufren daños. La figura 7 muestra un gráfico que relaciona la temperatura, el contenido de humedad y la tasa de respiración

de los granos de trigo.

[Figura 7. Gráfico que relaciona la temperatura, el contenido de humedad y la respiración de los granos de trigo.](#)

Condensación de la humedad

La condensación de la humedad ocurre cuando una masa de aire caliente encuentra una superficie con menor temperatura lo que propicia que la temperatura del aire disminuya hasta llegar al punto de rocío (figura 8). Este fenómeno es muy importante en el almacenamiento de los granos.

El calentamiento diurno de la lamina de la pared del techo de los silos metálicos hace que la temperatura del aire, en el espacio intergranular próximo a la pared, suba. Lo mismo pasa con el aire que está sobre la capa superior de los granos. El aire caliente tiene mayor capacidad de mantener vapor de agua, y como este está en contacto con el grano, la humedad del grano se evapora y el aire queda, por lo tanto, caliente y húmedo. Con la disminución de la temperatura durante la noche, la temperatura del aire en esos espacios también ir disminuyendo hasta alcanzar temperaturas bajo el

punto de rocío, ocurriendo entonces la condensación de la humedad. La posibilidad de que el aire se condense en los silos de concreto es menor que en los silos metálicos.

Figura 8. Condensación de la humedad.

Beneficios de la aireación

La actividad de los insectos, la migración de humedad y el crecimiento de los hongos son los principales factores que ocasionan el deterioro de los granos almacenados. La temperatura y el contenido de humedad del grano definen la actividad del agua contenida en el producto almacenado. La temperatura y la humedad relativa del aire del espacio intergranular siempre tenderá a estar en equilibrio con las condiciones del grano. Pueden ocurrir cambios en las condiciones del aire del espacio intergranular, provocados por las condiciones del ambiente externo a la masa de granos, pero la mayoría de las veces estos cambios son lentos; sin embargo, sus consecuencias pueden ocasionar pérdidas por deterioro. La aireación como técnica de conservación, para evitar el deterioro, debe ser siempre utilizada de manera preventiva nunca de manera correctiva. Los beneficios que la aireación puede traer para el producto almacenado, solo serán plenamente aprovechados si la técnica se aplica de manera preventiva.

Enfriamiento de la masa de granos

El enfriamiento de la masa de granos es el principal y el más ventajoso beneficio de la aireación. Si el aire ambiente es adecuado para el proceso, el enfriamiento, trae beneficios para la conservación del grano almacenado. Al disminuir la temperatura de los granos, disminuye también la actividad del agua; esto es, disminuye la disponibilidad de agua para actividades biológicas tanto de los granos como de la microflora presente. Asimismo, la disminución de la temperatura retardar o hasta inhibir (dependiendo de la temperatura alcanzada con el enfriamiento) el desarrollo de los insectos (cuadro 5). La temperatura es además un factor que influye en la respiración de los granos; cuanto menor es, menor es la velocidad de respiración y, por lo tanto, menor la producción de calor.

Suponiendo que todos los granos de un granel fueran almacenados con el mismo contenido de humedad, dicha humedad variaría en torno a un valor medio y sería posible encontrar granos con 1 a 2 puntos porcentuales de humedad tanto para arriba como para abajo de ese valor medio. Además, al inicio del almacenamiento el producto generalmente tiene una temperatura elevada y no uniforme, principalmente cuando se

ha secado a altas temperaturas, ya que raramente sale de la etapa de enfriamiento del secador con la misma temperatura del ambiente. Al inicio del almacenamiento, es común que se mezclen los granos que fueron recibidos secos con aquellos que se secaron a altas temperaturas. Estas condiciones propician las actividades biológicas tanto del grano (respiración) como de los otros organismos vivos que habitan en la masa de granos (hongos e insectos).

La aireación es la técnica que permite modificar el microclima de la masa de granos con el fin de establecer condiciones favorables para la conservación del grano. Con las bajas temperaturas se puede, por lo tanto, inhibir la actividad biológica o, si eso no es posible, se puede limitar la velocidad de los procesos de deterioro. El establecimiento de un programa mensual de aireación preventiva, para mantener la masa de granos a una temperatura baja, hará que los daños del grano sean mínimos.

Migración de la humedad

Se piensa que un producto que ha sido adecuadamente cosechado y secado está en condiciones de ser almacenado por un período de tiempo largo. Esto es efectivo, siempre que no haya modificaciones en el microclima de la masa de granos durante el

período de almacenamiento, ya que pueden ocurrir cambios lentos que se deben tanto a variaciones de las condiciones ambientales como al ataque de plagas.

Los granos generalmente se almacenan a temperaturas relativamente altas, en comparación con las bajas temperaturas ambientales que pueden ocurrir, por ejemplo en una región en que el invierno es riguroso. De esa forma, si la temperatura ambiental es menor, los granos que están próximos a las paredes y a la parte superior de los silos metálicos tendrán una temperatura menor que la del interior de la masa y por lo tanto, existen condiciones para el establecimiento de corrientes de aire movido por convección natural.

Cuando la temperatura de la masa de granos, próxima a la pared, está más fría se presenta un movimiento del aire frío en sentido descendente y, en consecuencia, el aire caliente (el del interior de la masa) se mueve en sentido ascendente (figura 9). Este movimiento de aire, ocasionado por la diferencia de temperatura, propiciará condensación de la humedad, ya que el aire frío descendente ocupará el lugar del aire caliente que subió por convección natural. Cuando el aire caliente se encuentra en la parte superior de los granos, que está fría, disminuye su temperatura y si ésta baja hasta un valor inferior a la del punto de rocío, la humedad se condensará. Esta condensación, además de presentarse en la capa de granos, puede ocurrir también en la chapa del techo del silo lo que hace posible que la humedad gotee sobre la masa de

granos. La humedad condensada podrá usarse para actividades biológicas tanto del grano como de los microorganismos.

[Figura 9. Movimiento del aire](#)

En la estación del año en que la temperatura del aire externo es mayor que la de la masa de granos pueden producirse corrientes de convección, en el sentido opuesto a las descritas anteriormente. El problema de condensación de la humedad puede presentarse en la capa inferior de la masa de granos, principalmente sobre las chapas que cubren los ductos de distribución del aire (figura 10). Es posible prevenir la migración de humedad disminuyendo el diferencial de temperatura de la masa de granos. El uso de aireación es la técnica más simple que se puede emplear.

[Figura 10. Condensación de la humedad en el fondo del silo.](#)

Eliminación de la "bolsa de calor" de la masa

El calentamiento de los granos en una determinada parte del silo puede deberse al ataque de insectos o al crecimiento de hongos debido a que el secado fue insuficiente. En la soja, por ejemplo, el producto cambia de un color oscuro que va del marrón al negro, donde hubo condiciones favorables para el desarrollo de hongos y respiración

acelerada de los granos (figura 11).

La masa de granos tiene un bajo coeficiente de conducción de calor. Las pequeñas cantidades de calor, que se generan por el desarrollo de insectos o el crecimiento de hongos en los granos, no se disipan rápidamente y permanecen en la masa como "bolsa de calor". El aumento de temperatura se propaga lentamente hacia la periferia de la bolsa de calor, lo que produce diferencias de temperatura, causando un movimiento del aire caliente del foco hacia la superficie de los granos. Si la temperatura del grano de la superficie o del aire exterior es suficientemente baja se condensa la humedad, ocasionando un incremento de la humedad del grano y su deterioro.

[Figura 11. Calentamiento de los granos.](#)

La aireación, aplicada de manera preventiva dentro de un programa establecido para cierto número de horas mensuales, evitará problemas de ese tipo. Muchas veces esa bolsa de calor no se detecta al inicio por la termometría, porque puede estar en el punto central del espacio que queda entre los cables de termometría.

Enfriamiento de los granos

En general, el aire de enfriamiento que fluye a través de una masa de granos causa la formación de tres zonas (A, B, C) separadas por dos frentes o zonas de cambio (temperatura y humedad), que también se mueven a través de la masa. Esta situación se muestra idealizada en la figura 12, en la cual la posición de los frentes está representada esquemáticamente.

En la zona A, el grano alcanza el equilibrio con las condiciones del aire de entrada y no ocurre ningún cambio significativo. La temperatura del grano, del aire de entrada y del aire intergranular son iguales. La humedad relativa del aire intergranular y la del aire de entrada son también iguales, y el contenido de humedad del grano es aquel que está en equilibrio con las condiciones del aire.

La zona B, que se encuentra entre los frentes de temperatura y humedad, es la de mayor interés, y sus condiciones son fácilmente predecibles. En el frente de temperatura, se presentan cambios en la temperatura del grano y también ligeras variaciones en el contenido de humedad. Si el paso del aire por el frente de temperatura produce enfriamiento, se puede esperar una pequeña disminución de la humedad, pero si el grano se calienta, ocurre un pequeño aumento en el contenido de humedad. En el caso del frente, en forma similar se presenta un cambio en la temperatura del grano.

En la zona C, la temperatura y el contenido de humedad del grano todavía no se modifican. La temperatura del aire intergranular y la del aire que está pasando por la

masa de granos son iguales a la temperatura del grano. La humedad relativa del aire es aquella que esta en equilibrio con el contenido de humedad del grano de la zona C.

Figura 12. Enfriamiento de los granos por aireación.

Operación del sistema de aireación

El ventilador debe operarse cuando la temperatura del aire ambiente sea menor que la temperatura de la masa de granos. La decisión de operar el ventilador depende de la disponibilidad de información sobre las condiciones de temperatura y humedad relativa del aire ambiente. Por lo tanto, esta información en la unidad almacenadora es de fundamental importancia.

La humedad relativa del aire varía con las horas del día. Normalmente es mas elevada durante la noche que durante el día como resultado de las variaciones de la temperatura del ambiente. Esa variación diaria de la humedad relativa y de la temperatura tienen un comportamiento similar al que se representa en la figura 13, en la que se advierte que al elevarse la temperatura, la humedad relativa desciende y viceversa.

Figura 13. Registro de la variación diaria de la humedad relativa y temperatura.

Empleo de la aireación en climas tropicales

En el Brasil, la región sur, parte de la región sureste y algunas otras regiones con microclimas particulares presentan condiciones favorables para el empleo de la aireación. En las zonas tropicales, donde no existen condiciones favorables de temperatura y humedad relativas del aire, la aireación debe usarse con cuidado, considerando que en algunos casos pueden obtenerse resultados negativos.

En climas calientes, la aireación puede mejorar las condiciones de almacenamiento y enfriar la masa de granos cuando existe un período frío, aunque sea de corta duración (pocas horas durante la noche). El cuidadoso análisis de las condiciones climáticas es, en este caso, imperativo para alcanzar resultados positivos. Calderón (1972) sugiere que para este tipo de clima, la aireación debe ser practicada con caudales de aire elevados, de modo que el enfriamiento se pueda alcanzar en un período de tiempo menor. La tecnología de la aireación en climas calientes todavía no ha sido estudiada con la suficiente amplitud; sin embargo, en diversos trabajos experimentales realizados, en Australia e Israel, han podido comprobarse en la práctica los beneficios

de la aireación.

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiete ▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

Manejo de la aireación

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiete ▶](#)

El objetivo fundamental de la aireación es la reducción de la temperatura. Por consiguiente, el proceso debe realizarse cuando la temperatura del aire es inferior en algunos grados a la temperatura del grano. Dos importantes factores deben ser tomados en consideración: la humedad relativa del aire y la diferencia de temperatura entre grano y aire.

En función del contenido de humedad del grano, el aire puede tener un efecto de secado, de rehumedecimiento o de mantenimiento del equilibrio higroscópico, dependiendo de las condiciones de temperatura y humedad relativa del aire y de la diferencia de temperatura entre el grano y el aire. Fus (1982) cita que cuando la

temperatura del aire es de 5,0°C a 8,5°C más baja que la del grano, deberá utilizarse la aireación.

Basándose en un método simple de orientación para realizar la aireación, técnicos del "Institute Technique des Cereales et des Fourrages." (París, Francia) crearon un diagrama simple para los usuarios (figura 14). Este se aplica a cereales cuya humedad se aproxima a las normas de almacenaje. Este diagrama tiene una construcción teórica, que ha sido verificado en la práctica; sus elementos de base son: i) el gráfico psicrométrico; y ii) las curvas de contenido de humedad de equilibrio de los granos.

Para esto, tres parámetros son necesarios:

- la temperatura del grano, obtenido por la termografía
- la temperatura del aire ambiente, y
- la humedad relativa del aire ambiente.

La diferencia de temperatura entre el grano y el aire es puesta en la ordenada; la humedad relativa en la abscisa; y el punto encontrado sobre el diagrama, en la intersección de esos dos valores; se sitúan en las zonas que fueron delimitadas, las cuales corresponden a los siguientes niveles de enfriamiento.

1. Aireación sin inter: enfriamiento inferior a 3°C

2. Aireación posible: enfriamiento comprendido entre 2 y 5°C
3. Aireación recomendada: enfriamiento comprendido entre 3 a 7°C, zona óptima
4. Aireación recomendada pero con riesgos de condensación local o de secado: enfriamiento superior a 7°C.

[Figura 14. Diagrama simple para la aireación.](#)

Caudal aire para aireación

El caudal de aire apropiado para la aireación de los granos almacenados fue establecido para los Estados Unidos (cuadro 5) basado en el resultado de investigaciones y experiencias.

CUADRO 5: Caudal de aire para aireación de granos almacenado en áreas específicas de los Estados Unidos

	Caudal de Aire	
Tipo de almacenaje	Estados del norte	Estados del sur

	$(\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-3})$	$(\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-3})$
Graneros	0,04 - 0,08	0,08 - 0,16
Silos	0,02 - 0,04	0,03 - 0,08

Para los granos almacenados a nivel de hacienda, un caudal de aire entre 0,02 y 0,16 $\text{m}^3/\text{min}/\text{m}^3$ de granos es satisfactorio para las condiciones del clima de los Estados Unidos (clima templado). En América Latina, no se han hecho suficientes estudios, hasta el momento, con el fin de obtener datos de investigación y experiencia práctica para la determinación de los caudales de aire y de aireación. Se espera que sean mayores que aquellos recomendados para el clima templado. Para condiciones de clima subtropical y sobre la base de consideraciones teóricas y prácticas, se recomiendan los caudales de aire que aparecen resumidos en el cuadro 6.

Siempre se espera falta de uniformidad en la distribución del aire en los sistemas de aireación. En las instalaciones horizontales, el caudal de aire en algunas partes de la masa puede ser la mitad del caudal seleccionado. Esta es una de las razones para recomendar el uso de caudales de aire más elevados para este tipo de instalaciones que los usados en las instalaciones verticales. En las instalaciones verticales, el aire está mejor distribuido y la diferencia entre el flujo mínimo que pasa y el caudal seleccionado es pequeña. La necesidad de aumentar la potencia del ventilador es un

factor limitante para el uso de mayores caudales.

El tiempo necesario para enfriar una masa de granos a una temperatura próxima al aire de aireación, depende del caudal del aire y de la intensidad del enfriamiento evaporativo que pueda ocurrir durante la aireación. Aumentando el caudal proporcionalmente disminuye el tiempo del enfriamiento. Por lo tanto, para la selección del caudal de aire se debe considerar el tiempo necesario para reducir la temperatura del grano. En condiciones constantes son necesarios de 600 a 800 volúmenes de aire para enfriar un volumen de granos (Jouin, 1965; Mc Cune et al., 1963). Hay que tener en cuenta que esta generalización no considera la falta de uniformidad en la distribución del aire en la masa, el estado de diferentes factores biológicos que afectan la temperatura de los granos, y las fluctuaciones de la capacidad de enfriamiento del ambiente.

Succión o insuflación del aire

El movimiento ascendente (insuflación) o descendente (succión) del aire en la masa de granos ha sido motivo de controversia en las discusiones sobre la aireación (figura 14). Se han mencionado argumentos en favor y en contra de los dos procedimientos en la literatura científica.

Diversos puntos deben ser abordados antes de discutirse las ventajas y desventajas de

cada uno de los procedimientos de succión o insuflación.. En un sistema de aireación bien proyectado, especialmente en el caso de almacenes verticales, puede obtenerse el mismo caudal de aire en todas las partes de la masa tanto por succión como por insuflación de aire.

En el caso de ventiladores axiales con motor trifásico, la rotación de las aspas puede invertirse fácilmente. Se dice que son necesarios 2/3 del volumen original para obtener esta situación. No se puede realizar el mismo procedimiento usando ventiladores centrífugos. La inversión de la dirección de rotación del ventilador centrífugo altera la configuración aerodinámica de la máquina, resultando en una completa alteración de sus características.

CUADRO 6: Caudales de aire ($m^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{ton}^{-1}$) de acuerdo con el propósito de la aplicación

Propósito	Enfriamiento	Mantenimiento temporal de granos húmedos	Aplicación de fumigantes	Seca aireación
Tipo de Almacén	Silos graneleros	Silos graneleros	Silo estanque	Silo

Caudal de Aire (m ³ . min ⁻¹ . ton ⁻¹)	0,05-0,10 0,10-0,20	0,25 0,50	0,025	0,5 1,0
	Reducir el desarrollo de insectos	Prevenir el calentamiento de granos húmedos	Aplicación de fumigantes para control de insectos	Secado
				Enfriamiento
	Reducir el crecimiento de la micro-flora	Evitar la migración de humedad uniformizar la temp.	Remover residuos de gases y olores	
Resultados	Preservar la calidad do granos y semillas	Eliminar focos de calentamiento		
	Evitar la	Secado limitado		

	migración de humedad uniformizar la temp. Eliminar focos de calentamiento			
--	--	--	--	--

Fuente: Navarro y Calderín, 1982.

Figura 15. Succión e insuflación del aire.

Ventajas insuflación.

- Se obtiene un pequeño calentamiento del aire cuando éste pasa por el ventilador. El aire húmedo del ambiente puede disminuir su humedad relativa por el calentamiento de 1 a 2°C reduciendo así el riesgo de aumentar el contenido de humedad de los granos.
- El calor acumulado sobre el techo del silo puede ser eliminado fácilmente insuflando aire.
- Si los granos calientes están en la capa superior no es necesario pasar el aire caliente por toda la masa de granos hasta llegar al ventilador.

- La toma de temperatura es más fácil, considerando que las áreas más calientes se localizan por regla general en la capa superior de los granos y pueden ser fácilmente medidas con termómetros de sonda. Este factor es importante en los silos que presentan una gran superficie, donde las temperaturas deben ser observadas en diversos puntos para evitar la formación de focos de calor.
- Al usar la insuflación de aire en la conservación temporal de granos húmedos, la región crítica queda ubicada en la capa superior de los granos. En la aireación por insuflación, la verificación visual de las condiciones del granos se ve facilitada.

Desventajas de la insuflación.

- En el caso de granos en que la temperatura de la masa de granos es elevada, la aireación por insuflación en períodos de clima frío, puede ocasionar condensaciones de humedad del aire de aireación, cuando éste entra en contacto con la chapa metálica del techo del silo. La condensación también puede ocurrir si la capa superficial de la masa está fría debido a la baja temperatura del aire exterior.
- En el caso de ventiladores localizados en el medio exterior, debe instalarse una construcción (abrigo) para prevenir la entrada de agua de lluvia dentro del ventilador.
- En algunos sistemas de aireación, el calentamiento del aire provocado por el

ventilador es insignificante; en este caso y si la aireación con aire húmedo es realizada por un período de tiempo prolongado, es posible que el grano en torno del ducto de aireación se rehumedezca.

- Si el ventilador está instalado próximo al área de limpieza de los granos o en áreas con mucho polvo, estas impurezas pueden conducirse hacia el interior del ducto de aireación.
- La aireación solo puede ser realizada cuando todos los ductos de distribución del aire están cubiertos por granos.

Ventajas succión.

- La aireación por succión es preferible, particularmente en áreas frías, pues previene la posibilidad de condensación de humedad en la superficie de la masa o en la chapa metálica del techo de los silos.
- Si se emplea aire húmedo para la aireación y, en consecuencia, se rehumedece el grano en toda el área superficial de la masa de granos, el efecto de este rehumedecimiento se distribuye por una masa de granos bastante mayor, en contraste con lo que ocurre cuando se usa la insuflación, puesto que en este caso el rehumedecimiento se presenta en una región limitada, junto al ducto de aireación.
- La aireación puede ser realizada cuando los ductos de distribución del aire no

están totalmente cubiertos con granos; basta colocar un plástico sobre los ductos descubiertos.

Desventajas de la succión.

- **No se aprovecha el beneficio de la reducción de la humedad relativa del aire cuando este pasa por el ventilador.**
- **En el caso de granos calientes, localizados en el tope de la masa de granos, la aireación por succión es difícil porque hay riesgo de recalentamiento de las capas inferiores de la masa.**
- **En la conservación temporal de granos húmedos, la región crítica de los granos sujetos a deterioro está en la capa inferior de la masa; la verificación visual no es posible en este caso.**
- **Los operadores de las unidades de almacenamiento frecuentemente relatan que las partículas de los granos quebrados y las impurezas son succionados por el ventilador y se produce el bloqueo de las perforaciones de la chapa que cubre los ductos de aireación.**

En resumen, la decisión de usar aireación por succión o por insuflación debe tomarse sobre la base de lo anteriormente expuesto. Muchos sistemas de aireación poseen ambas alternativas y se decide el uso de uno de los dos métodos basándose en la situación imperante.

Conservación temporal de los granos húmedos mediante la aireación

La aireación de granos se aplica frecuentemente en unidades almacenadoras para mantener, por un breve período de tiempo, una masa de granos húmedos sin que se produzca calentamiento, antes del secado (operación en que la capacidad instalada es insuficiente). En una masa de granos húmedos, el proceso respiratorio es intenso, debido al metabolismo del grano y, sobre todo, a los microorganismos presentes. En el proceso respiratorio se consume la materia seca y la energía generada produce el calentamiento de la masa.

La aireación de una masa de granos remueve el calor resultante de la respiración de los granos y de los hongos y ayuda también a evitar el crecimiento de éstos por reducción de la temperatura de la masa. Sin embargo, aún no se han establecido límites definitivos de la humedad y temperatura necesarios para el mantenimiento de los granos a través del proceso de aireación.

Como ya se mencionó, la aireación como método para mantener los granos húmedos es practicable en regiones de clima templado, ya que en estas regiones el aire ambiente es frío en la época de la cosecha. En cambio, la conservación temporal de los granos

húmedos en climas tropicales es más problemática, puesto que a temperaturas más elevadas la respiración, el crecimiento de hongos y el deterioro del grano son más rápidos. Si tomamos en consideración que los caudales de aire usados en la aireación son muy bajos, el proceso de calentamiento de los granos muy húmedos podrá quedar fuera de control; lo mismo ocurre con el uso frecuente de la aireación. En el Brasil, la aireación para mantenimiento temporal de los granos húmedos puede ser practicada, por lo tanto, en aquellas regiones donde hay condiciones climáticas apropiadas por un breve período de tiempo y la humedad del grano no debe exceder de 15 a 17 por ciento, base húmeda.

En conclusión, dado que el almacenaje temporal de los granos húmedos es un proceso altamente arriesgado, la aireación debe ejecutarse con gran cuidado y supervisión, con el mayor flujo de aire posible y con una temperatura del aire menor que la del grano.

Secado por aireación

En general, la aireación no tiene como objetivo el secado de granos. En el manejo temporal de los granos húmedos ocurre cierta pérdida de humedad del grano. La técnica de aireación debe distinguirse claramente del método de secado de granos a bajas temperaturas en silos secadores-almacenadores. Los flujos mínimos de aire

usados en el secado de granos a bajas temperaturas son 10 a 20 veces mayores que los usados para la aireación de granos.

Remoción de olores en la masa de granos

El crecimiento de hongos, la fermentación y la rancidez del aceite, causan olores desagradables a los granos. Esto puede ser minimizado a través de la aireación; el olor a "granos frescos" es una de las características de los granos aireados. Ciertos olores son removidos solo temporalmente o ven reducida su intensidad por efecto de la aireación. El olor a la fermentación puede ser fácil y totalmente removido por la aireación. La disipación de los olores de los granos almacenados no elimina, sin embargo, los problemas del crecimiento de los hongos y de la rancidez del aceite.

Aplicación de fumigantes por medio de la aireación

La aplicación de fumigantes a través de un sistema de aireación es un método práctico y eficiente para fumigar los granos en silos de concreto, ya que en graneros y silos metálicos no es posible hacer la circulación de aire en un circuito cerrado. La distribución del fumigante es uniforme en toda la masa y la dosificación necesaria es menor que la empleada normalmente por el método gravitacional. El volumen de aire

que se usa en un método de fumigación de circulación cerrada es muy bajo (1,53 h-1.t-1).

La temperatura óptima de los granos almacenados para una aplicación efectiva y económica de los fumigantes difiere de acuerdo con el método a ser aplicado. Cuando se usa la aireación, la temperatura tiene menos importancia y el fumigante puede ser efectivamente distribuido en toda la masa de granos dentro de un amplio rango de temperaturas.

Consideraciones finales sobre la aireación

La técnica de conservación de granos por la aireación debe utilizarse de manera preventiva. La mayoría de los usuarios la utilizan actualmente sólo cuando hay calentamiento de la masa de granos; de esta forma, la aireación está siendo utilizada como técnica correctiva para el calentamiento. Se debe tener en cuenta que durante el almacenamiento se puede a lo sumo conservar las calidades iniciales del grano; por lo tanto, todas las técnicas de conservación del grano deben ser aplicadas de manera preventiva. La succión y la insuflación presentan ventajas y desventajas que deben tomarse en consideración.

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiete ▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

Anexos

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiete ▶](#)

CUADRO A - 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	11,0	11,6	12,3	12,9	13,6	14,4	15,2	16,1	17,1	18,4	20,0
14	9,4	10,1	10,7	11,4	12,0	12,7	13,4	14,2	15,0	15,9	16,9	18,2	19,0
16	9,2	9,9	10,5	11,2	11,8	12,5	13,2	14,0	14,8	15,7	16,7	18,0	19,7
18	9,0	9,7	10,3	11,0	11,6	12,3	13,0	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	10,0	10,6	11,3	12,0	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	15,0	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	19,0
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	17,0	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 A - 2: Contenido de humedad de equilibrio de la soja (%)

Humedad Relativa (%)													
Temperatura (°C)	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	6,1	7,0	7,8	8,6	9,5	10,3	11,2	12,2	13,2	14,4	15,7	17,3	19,4
12	6,0	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	11,0	12,0	13,0	14,2	15,5	17,1	19,2
16	5,8	6,6	7,5	8,3	9,2	10,0	10,9	11,9	12,9	14,1	15,4	17,0	19,1

18 20	5,7	6,5	7,4	8,2	9,1	9,9	10,8	11,7	12,8	14,0	15,3	16,9	19,0
22	5,4	6,3	7,2	8,0	8,9	9,7	10,7	11,6	12,7	13,8	15,2	16,8	18,9
04	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	7,0	7,8	8,7	9,6	10,5	11,4	12,5	13,7	15,0	16,6	18,7
28	5,1	6,0	6,9	7,7	8,6	9,5	10,4	11,3	12,4	13,6	14,9	16,5	18,7
30	5,0	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 A - 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	20,0
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	29,9
14	9,8	10,4	11,0	11,7	12,3	12,9	13,6	14,3	15,1	16,0	17,0	18,2	19,8
16	9,7	10,3	10,9	11,5	12,1	12,8	13,5	14,2	15,0	15,8	16,8	18,1	19,7

18	9,5	10,1	10,8	11,4	12,0	12,7	13,3	14,1	14,8	15,7	16,7	18,0	19,6
20	9,4	10,0	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	11,0	11,6	12,3	13,0	13,7	14,5	15,4	16,4	17,6	19,3
26	9,0	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	10,0	10,7	11,3	12,0	12,6	13,4	14,2	15,1	16,1	17,4	19,0
32	8,6	9,3	9,9	10,6	11,2	11,9	12,5	13,3	14,1	15,0	16,0	17,2	18,9

CUADRO A - 4: Contenido de humedad de equilibrio del arroz (%)

Humedad Relativa (%)													
Temperatura (°C)	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	9,9	10,4	10,9	11,4	11,9	12,4	13,0	13,6	14,2	14,9	15,8	16,8	18,1
12	9,7	10,2	10,7	11,2	11,7	12,3	12,8	13,4	14,1	14,8	15,6	16,6	18,0
14	9,6	10,1	10,6	11,1	11,6	12,1	12,7	13,3	13,9	14,6	15,5	16,5	17,9

16	9,4	9,9	10,4	10,9	11,4	12,0	12,5	13,1	13,8	14,5	15,4	16,4	17,8
18	9,3	9,8	10,3	10,8	11,3	11,8	12,4	13,0	13,7	14,4	15,3	16,3	17,6
20	9,1	9,6	10,2	10,7	11,2	11,7	12,3	12,9	13,5	14,3	15,1	16,1	17,5
22	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,6	12,1	12,7	13,4	14,1	15,0	16,0	17,4
24	8,9	9,4	9,9	10,4	10,9	11,5	12,0	12,6	13,3	14,0	14,9	15,9	17,3
26	8,7	9,3	9,8	10,3	10,8	11,3	11,9	12,5	13,2	13,9	14,8	15,8	17,2
28	8,6	9,1	9,6	10,2	10,7	11,2	11,8	12,4	13,1	13,8	14,7	15,7	17,1
30	8,5	9,0	9,5	10,0	10,6	11,1	11,7	12,3	13,0	13,7	14,6	15,6	17,0
32	8,4	8,0	9,4	9,9	10,5	11,0	11,6	12,2	12,8	13,6	14,5	15,5	16,9

CUADRO A - 5: Contenido de humedad de equilibrio del sorgo (%)

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

12	9,5	10,1	10,7	11,2	11,8	12,4	13,0	13,6	14,3	15,1	16,1	17,2	18,7
14	9,5	10,0	10,6	11,2	11,7	12,3	12,9	13,6	14,3	15,1	16,0	17,1	18,6
16	9,4	10,0	10,5	11,1	11,7	12,2	12,9	13,5	14,2	15,0	15,9	17,1	18,6
18	9,3	9,0	10,5	11,0	11,6	12,2	12,8	13,4	14,2	15,0	15,9	17,0	18,5
20	9,3	9,8	10,4	11,0	11,5	12,1	12,7	13,4	14,1	15,9	15,8	16,9	18,4
22	9,2	9,8	10,3	10,9	11,5	12,0	12,7	13,3	14,0	14,8	15,8	16,9	18,4
24	9,1	9,7	10,3	10,8	11,4	12,0	12,6	13,3	14,0	14,8	15,7	16,8	18,3
26	9,1	9,6	10,2	10,8	11,3	11,9	12,5	13,2	13,9	14,7	15,6	16,8	18,3
28	9,0	9,6	10,1	10,7	11,3	11,9	12,5	13,1	13,9	14,7	15,6	16,7	18,2
30	8,9	9,5	10,1	10,6	11,2	11,8	12,4	13,1	13,8	14,6	15,5	16,7	18,2
32	8,9	9,4	10,0	10,6	11,1	11,7	12,4	13,0	13,7	14,5	15,5	16,6	18,1

CUADRO A - 6: Contenido de humedad de equilibrio del frijol (%)

Humedad Relativa (%)													
Temperatura (°C)	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90

10	8,8	9,5	10,2	10,9	11,6	12,3	13,1	13,9	14,7	15,7	16,8	18,2	19,9
12	8,8	9,5	10,2	10,8	11,5	12,3	13,0	13,8	14,7	15,7	16,8	18,1	19,9
14	8,7	9,4	10,1	10,8	11,5	12,2	13,0	13,8	14,6	15,6	16,7	18,1	19,9
16	8,6	9,3	10,0	10,7	11,4	12,2	12,9	13,7	14,6	15,5	16,7	18,0	19,8
18	8,6	9,3	10,0	10,7	11,4	12,1	12,9	13,7	14,5	15,5	16,6	18,0	19,8
20	8,5	9,2	9,9	10,6	11,3	12,0	12,8	13,6	14,5	15,4	16,6	17,9	19,7
22	8,5	9,2	9,9	10,6	11,3	12,0	12,7	13,6	14,4	15,4	16,5	17,9	19,7
24	8,4	9,1	9,8	10,5	11,2	11,9	12,7	13,5	14,4	15,3	16,5	17,8	19,6
26	8,3	9,1	9,8	10,5	11,2	11,9	12,6	13,5	14,3	15,3	16,4	17,8	19,6
28	8,3	9,0	9,7	10,4	11,1	11,8	12,6	13,4	14,3	15,3	16,4	17,7	19,5
30	8,2	9,0	9,7	10,3	11,1	11,8	12,5	13,4	14,2	15,2	16,3	17,7	19,5
32	8,2	8,9	9,6	10,3	11,0	11,7	12,5	13,3	14,2	15,2	16,3	17,7	19,5

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

Bibliografia

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)

AMERICAN SOCIETY of AGRICULTURAL ENGINEERING. 1986. Agricultural Engineers Yearbook. St.Joseph, U.S.A., 796 p.

BURREL, N.J. 1975. Aeration. IN Christensen, C.M., Storage of cereal grains and their products. St. Paul, Minn. Am. Assoc. of Cer. Chem., 454480 p.

BROOKER, D.B., BAKKER-ARKENA, E.W. and HALL, C.W. 1974. Drying cereal grains, Westport, Connecticut. The AVI Publishing Co.

CALDERON, M. 1972. Aerations of grain-benefits and limitations. EPPD BULL. 6: 8394p.

CAL-VIDAL, J. 1982. Potencial higroscópico como índice de estabilidad de graos e cereals desidratados. Pesquisa agropecuaria brasileira, Brasilia, D. F., 17(1): 6176p.

CONVERSE, H.H., SAUER, D.B. and HODGES, T.O. 1974. Aeration of high moisture coro. St. Joseph, Michigan. Transactions of the ASAE. 16(4): 696-699 p.

ELDER, W.B. 1984. Control of aeration, CSIRO/AGI Victoria, Australia. Aerations System

Design Seminar and Workshop.

ELDER, W.B. 1983. Alternative applications for the CSIRO grain aeration controller. Agricultural Engineering Australia. Victoria, Australia. 12(2): 17-23 p.

FOSTER, G.H. 1967. Moisture changes during aeration of grains. St. Joseph, Michigan. Transactions of the ASAE. 10(3): 344-347 p.

FUS, J.D. 1982. Aeration of stored grain. Cooperative Extension Service, Ames, Iowa. Iowa State University.

HARA, T. e CORREA, P.C. 1981. Silo de alvenaria para armazenagem de milho a granel, na fazenda, com capacidade para 100 a 200 toneladas, com aeracao. Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa. Informe Técnico No. 7.

HALDERSON, J.L. and SANDVOL, L.E. 1980. Aeration for grain storage. University of Idaho. Cooperative Extension Service, Current Information, Serie No. 536.

HALL, C.W. 1980. Drying and storage of agricultural crops. The AVI Publishing Co. Westport, Connecticut. 381 p.

HALMAN, L.E. 1960. Aeration of grain in commercial storages. U.S.D.A. Marketing

Research Report No. 178. 46 p.

HANTER, A.J. 1984. Thermodynamic optimum aeration time fraction and airflow. CSIRO/AGI. Aeration System Design Seminar and Workshop, Highett, Victoria, Australia.

LASSERAN, J.C. 1981. Aerao de graos. Viosa, MG, CENTREINAR, Serie No. 2, 132p.

LUNDSTROM, D.R. 1971. Grain aeration for farm storage. Electric Farm Power, North Dakota, Bull No. 49.

NOYES, R.T. 1967. Aeration for sale grain storage. Purdue, Indiana, Cooperative Extension Service.

NAVARRO, S. and CALDERON, M. 1982. Aeration of grain in subtropical climates. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. FAO Agricultural Services, Bulletin No. 52.

PUZZI, D. 1986. Abastecimento e armazenamento de graos. Campinas, SP, Instituto Campineiro de Ensino Agrcola, 603 p.

RAO, V.G. and PFOST, H.B. 1980. Physical properties relatad to drying of grains. St. Joseph, Michigan. Ameritan Society of Agricultural Engineers, (Papar No. 80-3539)

SUTHERLAND, J.W. 1984. Theory of heat and transfer in air flow through a grain bulk. CSIRO/AGI. Aeration System Design and Seminar and Workshop, Highett, Victoria, Australia.

SASSERON, J.L. 1980. Aerao de graos. Viosa, MG, CENTREINAR, 54 p. (mimeografiado).

TAYLOR, P.A. 1977. Progress report on the development of refrigerated aeration of grain storages. Australia Wheat Board, Pest Control Conference, Melbourne.

THORE, G.R. 1984. The benefits of aeration. CSIRO/AGI. Aerations System Design Seminar and Workshop, Highett, Victoria, Australia.

VALVENCA, M.A. y TETER, N.C. 1971. Ensayo de aireacin nocturna de maz en la sabana de Bogot. Revista ICA, Bogot, Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario 6(1): 1-24 p.

WADE, F.J., DIRKZWAGER, L.R. and CHRISTENSEN C.M. 1978. Moisture increase in coro aerated at reserve. Lousiana, ASAE. St. Joseph, Michigan, Paper No. 783015.

VII. Psicrometría

Introducción

El estudio detallado de la mezcla aire seco y vapor de agua es de tal importancia que constituye una ciencia aparte, la psicrometría, dotada de vocabulario propio.

La psicrometría se define como "aquella rama de la física relacionada con la medición o determinación de las condiciones del aire atmosférico, particularmente respecto a la mezcla de aire seco y vapor de agua", o bien "aquella parte de la ciencia que está en cierta forma íntimamente ligada a las propiedades termodinámicas del aire húmedo". Las propiedades termodinámicas de la mezcla de aire seco y vapor de agua revisten gran interés en la etapa de poscosecha de productos agrícolas por el efecto que tiene la humedad del aire atmosférico sobre el contenido de humedad de los productos.

En la conservación y almacenamiento de los productos agrícolas se emplean diversas prácticas, con la participación directa de la psicrometría; una de dichas prácticas es el secado. En el secado a bajas temperaturas, en particular, la velocidad de secado depende de la capacidad del aire para evaporar la humedad (potencial de secado), la

cual es determinada por las condiciones psicrométricas del aire, la temperatura y la humedad relativa.

En el secado y almacenamiento, uno de los conceptos más importantes es el contenido de humedad de equilibrio. Así se denomina al intercambio recíproco de humedad entre los materiales higroscópicos, tales como los granos y el aire que los rodea; la condición de intercambio recíproco de humedad indica el equilibrio que hay entre el aire y el material. Se establece dicho equilibrio cuando la presión de vapor que corresponde a la humedad del producto es igual a la presión de vapor de la humedad presente en el aire, en condiciones fijas de temperatura. Por lo tanto, en los estudios de higroscopía, las propiedades termodinámicas del aire húmedo son de fundamental importancia.

El conocimiento de las condiciones de humedad y temperatura del aire es de gran utilidad también en muchos otros aspectos de la actividad humana. La conservación de ciertos productos, tales como frutas, hortalizas, huevos y carnes en cámaras frigoríficas, depende en gran medida de la mantención de la adecuada humedad relativa del ambiente. La pérdida de peso depende de la humedad del aire en la cámara de almacenamiento; si la humedad es baja, la pérdida de peso es elevada.

Aire atmosférico

El aire atmosférico se compone de una mezcla de gases, vapor de agua y contaminantes, tales como humo, polvo y otros elementos gaseosos que no están presentes normalmente en lugares distantes de las fuentes de contaminación. Por definición, existe aire seco cuando se ha extraído todo el vapor de agua y los contaminantes del aire atmosférico. Mediante extensas mediciones se ha demostrado que la composición del aire seco es relativamente constante, si bien el tiempo, la ubicación geográfica y la altura determinan pequeñas variaciones en la cantidad de los componentes. En el cuadro 1 aparece la composición porcentual, en volumen o número de moles, de 100 moles de aire seco.

CUADRO 1: Composición del aire seco

Substancia	Fórmula	Masa molecular (kg kg-mol ⁻¹)	Porcentajes en volumen (moles/100 moles)
Nitrógeno	N ₂	28,016	78,084
Oxígeno	O ₂	32,000	20,9496
Argón	Ar	39,948	0,934

Dióxido de carbono	C02	44,010	0,0314
Neón	Ne	20,183	0,001818
Helio	He	4,0026	0,000524
Metano	CH4	16,03188	0,0002
Dióxido de azufre	S02	64,064	0,0001
Hidrógeno	H2	2,01594	0,00005
Criptón	Kr	83,800	0,0002
Ozono	O3	48,000	0,0002
Xenón	Xe	131,300	0,0002

Fuente: ASHRAE, 1977

La masa molecular aparente del aire seco es de 28,9645 kg-mol y la del vapor de agua es de 18,1535 kg-mol, ambas en la escala del carbono 12 (Ashrae, 1977). Normalmente, el aire seco tiene vapor de agua asociado, lo que da origen a lo que se denomina aire húmedo que es una mezcla binaria de aire seco y vapor de agua. La cantidad de vapor presente en la mezcla puede variar entre cero y un valor correspondiente al estado de saturación. Esto corresponde a la cantidad máxima de vapor de agua que el aire puede retener a una temperatura determinada.

Propiedades termodinámicas del aire húmedo

Hay diversas propiedades termodinámicas fundamentales ligadas a las propiedades del aire húmedo; hay dos propiedades independientes, además de la presión atmosférica necesaria para establecer el estado termodinámica del aire húmedo; y hay tres propiedades que se relacionan con la temperatura:

- temperatura del bulbo seco
- temperatura termodinámica del bulbo húmedo
- temperatura del punto de rocío.

Algunas propiedades termodinámicas caracterizan la cantidad de vapor de agua presente en el aire húmedo:

- presión de vapor
- razón de humedad
- humedad relativa
- grado de saturación.

Otras propiedades de fundamental importancia relacionadas con el volumen ocupado por el aire y con la energía del aire, respectivamente, son:

- el volumen específico, y
- la entalpía.

La entalpía y el volumen específico son propiedades de la mezcla aire seco y vapor de agua pero, para mayor comodidad, se expresan sobre la base de una unidad de masa de aire seco. La temperatura psicrométrica del bulbo húmedo, T_{bh} , no es una propiedad termodinámica de la mezcla aire seco y vapor de agua y se trata separadamente. A continuación se presenta una breve descripción de cada una de estas propiedades.

Temperatura del bulbo seco (T). La temperatura del bulbo seco es la verdadera temperatura del aire húmedo y con frecuencia se la denomina solo temperatura del aire; es la temperatura del aire que marca un termómetro común.

Temperatura del punto de rocío (T_{pr}). La temperatura del punto de rocío es la temperatura a la cual el aire húmedo no saturado se satura, es decir, cuando el vapor de agua comienza a condensarse por un proceso de enfriamiento, mientras que la presión y la razón de humedad se mantienen constantes.

Temperatura termodinámica del bulbo húmedo (T^*). La temperatura termodinámica del bulbo húmedo es la temperatura de equilibrio que se alcanza cuando la mezcla de aire seco y vapor de agua pasa por un proceso de enfriamiento adiabático hasta llegar a la saturación.

Presión de vapor (P_v). La presión de vapor es la presión parcial que ejercen las moléculas de vapor de agua presentes en el aire húmedo. Cuando el aire está totalmente saturado de vapor de agua, su presión de vapor se denomina presión de vapor saturado, P_{vs} .

Razón de humedad o razón de mezcla (W). La razón de humedad del aire se define como la relación entre la masa de vapor de agua y la masa de aire seco en un volumen dado de mezcla. Algunos autores confunden los términos razón de humedad y humedad absoluta; la humedad absoluta, denominada también densidad del vapor de agua, es la relación entre la masa de vapor de agua y el volumen que ocupa la mezcla de aire seco y vapor de agua.

Humedad relativa (ϕ). La humedad relativa del aire se define como la razón entre la presión de vapor de agua en un momento dado (P_v) y la presión de vapor de agua cuando el aire está saturado de humedad (P_{vs}), a la misma temperatura. La humedad relativa se puede expresar como decimal o como porcentaje.

Grado de saturación (ϕ). El grado de saturación es la relación entre la razón de humedad real de la mezcla (W) y la razón de humedad del aire en estado de saturación (W_s), a igual temperatura y presión atmosférica.

Entalpía (h). La entalpía de la mezcla aire seco y vapor de agua es la energía del aire húmedo por unidad de masa de aire seco, por encima de una temperatura de referencia; dado que en ingeniería solo las diferencias de entalpía tienen interés práctico, el valor que se escoja para la temperatura de referencia carece de importancia.

Volumen específico (V_e). El volumen específico del aire húmedo se define como el volumen que ocupa la mezcla aire seco y vapor de agua por unidad de masa de aire seco. La masa específica del aire húmedo no es igual a su volumen específico. La masa específica del aire húmedo es la relación entre la masa total de la mezcla y el volumen que ocupa.

Temperatura psicrométrica del bulbo húmedo

Un psicrómetro (figura 1) se compone de dos termómetros, uno de ellos envuelto por una tela constantemente humedecida (termómetro de bulbo húmedo) y otro, al lado del primero, en simple equilibrio térmico con el aire atmosférico (termómetro de bulbo seco). El termómetro de bulbo húmedo recibe sobre sí un flujo de aire constante por medio de un sistema de ventilación. Se evapora así la humedad y se retira energía del bulbo húmedo; la temperatura baja y al llegar al punto de equilibrio

se estabiliza. La temperatura que registra el termómetro en esas condiciones se llama "temperatura psicrométrica del bulbo húmedo", T_{bh} .

[Figura 1. Psicómetro con sistema de aspiración del aire.](#)

Grafico psicrometrico

Las propiedades termodinámicas de la mezcla aire seco y vapor de agua que constituyen el aire atmosférico se pueden presentar adecuadamente en forma de gráfico, recibiendo el nombre de gráfico psicrométrico. El gráfico psicrométrico se construye para una presión atmosférica determinada, existiendo curvas de corrección para otras presiones.

Hay diferentes gráficos psicrométricos en uso; ellos difieren en cuanto a la presión barométrica, el rango de temperaturas, número de propiedades comprendidas, elección de las coordenadas y temperatura de referencia para la entalpía. El gráfico de uso más frecuente en Estados Unidos es aquel en que la razón de humedad o presión de vapor, que es una de las coordenadas, se grafica en función de la temperatura del bulbo seco, y en el que la otra coordenada que se selecciona para la

construcción (coordenada oblicua) es la entalpía. En Europa, en cambio, se usa el gráfico de Mollier, cuyas coordenadas son la razón de humedad y la entalpía. En las figuras 2 y 3 se presentan gráficos psicrométricos para temperaturas normales y temperaturas elevadas, construidos para la presión atmosférica normal. Las figuras 4 al 7 muestran los valores para presiones atmosféricas inferiores a las normales.

[Figuras 2. Gráfico psicrométrico para temperaturas normales](#)

[Figura 3. Gráfico psicrométrico para temperaturas elevadas](#)

[Figura 4. Gráfico psicrométrico para presiones atmosféricas inferiores a las normales. Altitud: 750 m.](#)

[Gráfico psicrométrico para presiones atmosféricas inferiores a las normales. Altitud: 1 500 m.](#)

[Gráfico psicrométrico para presiones atmosféricas inferiores a las normales. Altitud: 2 250 m.](#)

[Gráfico psicrométrico para presiones atmosféricas inferiores a las normales. Altitud: 3 000 m.](#)

Una vez elegidos las coordenadas, las demás propiedades aparecen en el gráfico psicrométrico como parámetros. Dos propiedades independientes cualesquiera, incluyendo la temperatura psicrométrica del bulbo húmedo, fijan el estado de la mezcla (punto de estado). La figura 8 muestra en forma esquemática las líneas que representan las propiedades termodinámicas del aire húmedo en el gráfico psicrométrico.

[Figura 8. Líneas de las propiedades termodinámicas del aire húmedo en el gráfico psicrométrico.](#)

Determinación de las propiedades en un punto de estado

Supongamos que por medio de un psicrómetro de aspiración se ha determinado que la temperatura del bulbo seco es de 25°C y la temperatura del bulbo húmedo, de 20°C. Mediante el gráfico psicrométrico se pueden determinar las demás propiedades termodinámicas del aire húmedo. En el cuadro 2 se muestran los valores de las propiedades del aire húmedo definidas en ese punto de estado, obtenidos del gráfico psicrométrico (figura 9) en el cual se representa ese punto de estado por el número 1.

CUADRO 2: Propiedades termodinámicas del aire húmedo definidas en un punto de estado

Punto de Estado	P	T	T _{bh}	T _{pr}	p _v	ϕ	V _e	W	h
T = 25 ϕ C	101,325	-	-	17,7	2,1	65	0,86	0,0127	57,5
T _{bh} = 20 ϕ C									

Figura 9: Gráfico psicrométrico de las propiedades termodinámicas del aire húmedo definidas en un punto de estado.

Para complementar los conocimientos se propone que se determinen las propiedades termodinámicas del aire en los puntos de estado constantes del cuadro 3, utilizando el gráfico psicrométrico.

CUADRO 3: Propiedades termodinámicas del aire húmedo definidas en diversos puntos de estado

Punto de estado	P	T _{bh}	T _{pr}	P _v	ϕ	V _e	W	h
T = 26 ϕ C								
	101,325-	-	15,5	1,75	52	0,861	0,011	54

$T_{bh} = 19 \text{ } \blacklozenge \text{ } ^\circ\text{C}$								
	101,325-	16	12,5	1,5	-	0,848	0,009	45
$\blacklozenge = 55\%$								
$T = 15 \text{ } \blacklozenge \text{ } ^\circ\text{C}$								
	101,325-	14,2	-	1,6	93	0,829	0,010	40
$T_{pr} = 14 \text{ } \blacklozenge \text{ } ^\circ\text{C}$								
$T = 23 \text{ } ^\circ\text{C}$								
	101,325-	-	17,0	2,0	69	0,855	0,0121	54
$T_{bh} = 19 \text{ } \blacklozenge \text{ } ^\circ\text{C}$								

Calentamiento y enfriamiento sensible del aire

Quando se entrega energ \blacklozenge a al aire, la temperatura aumenta pero la raz \blacklozenge n de humedad permanece constante, pues no hay ni aumento ni disminuci \blacklozenge n en la cantidad de masa de la mezcla (aire seco y vapor de agua). Igual cosa sucede con el enfriamiento del aire;

se retira energía y la razón de humedad permanece constante. Por lo tanto, los procesos de calentamiento y enfriamiento del aire aparecen en el gráfico con líneas horizontales, paralelas a la abscisa, a partir del punto de estado en que se encuentra el aire. En la figura 9, el aire (cuyas propiedades termodinámicas están en el punto de estado definido por $T = 25^\circ\text{C}$ y $T_{bh} = 20^\circ\text{C}$, pasa primero por un proceso de calentamiento hasta la temperatura de 46°C ; en otro proceso pasa, por enfriamiento hasta la temperatura de 20°C .

En el cuadro 4 están los valores de las propiedades del aire al término de los procesos de calentamiento y enfriamiento señalados en el gráfico psicrométrico (figura 10).

Durante el calentamiento de 25°C a 43°C , la entalpía del aire pasa de $h_1 = 57,5 \text{ kJ.kg}^{-1}$ de aire seco hasta $h_2 = 80,0 \text{ kJ.kg}^{-1}$ de aire seco, lo que significa que es preciso proporcionar $22,5 \text{ kJ.kg}^{-1}$ de aire seco para llevar la masa de aire del punto correspondiente al estado 1, al punto del estado 2. Durante el enfriamiento de 25°C a 20°C hay que retirar 5 kJ.kg^{-1} de aire seco para llevar el aire con las condiciones del punto de estado I al punto de estado 3.

[Figura 10. Representación del calentamiento y enfriamiento del aire húmedo en el gráfico psicrométrico.](#)

CUADRO 4: Propiedades termodinámicas del aire en los procesos de calentamiento y enfriamiento

Propiedades	Calentamiento Punto de estado		Enfriamiento	
	1	2	1	3
T	25,0	46,0	25,0	20,0
T _{bh}	20,0	26,0	20,0	18,6
ϕ	65,0	20,0	65,0	87,0
P _v	2,1	2,1	2,1	2,1
W	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127
h	57,5	80,0	57,5	52,5
V _e	0,86	0,922	0,86	0,847
T _{pr}	17,7	17,7	17,7	17,7

Enfriamiento con deshumedecimiento. Durante el enfriamiento del aire, cuando alcanza la curva de humedad relativa máxima (ϕ = 100%) se tiene el punto de rocío. El

enfriamiento de ese aire mover el punto de estado sobre la línea de saturación, con lo que se condensará una parte del vapor de agua presente en el aire. En consecuencia, la razón de humedad disminuirá.

En la figura 11 se muestra el enfriamiento de una masa de aire con sus propiedades termodinámicas definidas en el punto de estado 1 ($T = 25^\circ\text{C}$ y $T_{bh} = 20^\circ\text{C}$) y el punto de estado 4. Se observa que el punto de estado se desplaza horizontalmente hacia la izquierda hasta llegar a la línea de saturación, lo que indica que se alcanzó el punto de rocío (punto 4).

Si el enfriamiento continúa hasta la temperatura de 14°C (punto 5) habrá condensación de $0,0027 \text{ kg}$ de vapor/kg de aire seco y la entalpía del aire disminuirá en $18,5 \text{ KJ/kg}$ de aire seco. En el cuadro 5 se proporcionan los valores de las propiedades termodinámicas del aire en el proceso descrito.

[Figura 11. Representación del enfriamiento con deshumedecimiento del aire húmedo en el gráfico psicrométrico.](#)

CUADRO 5: Propiedades termodinámicas del aire en el proceso de enfriamiento con deshumedecimiento

Punto de Estado

Propiedad	1	4	5
T	25,0	17,7	14,0
Tbh	20,0	17,7	14,0
◆	65,0	100,0	100,0
Pv	2,1	2,1	1,6
W	0,0127	0,0127	0,010
h	57,5	50,0	39,0
Ve	0,86	0,84	0,827
Tpr	17,7	17,7	14,0

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

Secado y humedecimiento adiabático del aire

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)

La adición de humedad al aire o su extracción sin aumentar ni disminuir la energía, hace que el punto de estado se mueva sobre una línea de entalpía constante. Si se trata de agregar humedad, el punto se desplaza hacia arriba y si se trata de retirar humedad, se desplaza hacia abajo.

La figura 12 muestra que el aire húmedo, en las condiciones iniciales (punto de estado 1) tiene una temperatura del bulbo seco (T) de 25°C y una razón de humedad (W) de $0,0127$ kg de vapor por kg de aire seco. Al aumentar en $0,0013$ kg de vapor de agua, el punto de estado se desplaza hasta el punto 6 ($W = 0,014$). Partiendo nuevamente de las condiciones iniciales (punto de estado 1) al retirar $0,0017$ kg de vapor, el punto de estado se desplaza hasta el punto 7 ($W = 0,011$). Se observa que la entalpía del aire permanece constante, $57,5$ kJ/kg de aire seco. En el cuadro 6 se presentan las propiedades termodinámicas del aire en los puntos 1, 6 y 7.

Las operaciones de calentamiento, enfriamiento, secado y humedecimiento del aire tienen especial importancia en los trabajos de manejo, secado y almacenamiento de productos biológicos.

[Figura 12. Representación del secado y humedecimiento adiabático del aire en el gráfico psicrométrico.](#)

CUADRO 6: Propiedades termodinámicas del aire en los procesos de secado y humedecimiento adiabático

	Humidificación			Secado
Propiedad	Punto de Estado			
	1	6	1	7
T	25,0	22,0	25,0	29,2
T _{bh}	20,0	20,0	20,0	20,0
ϕ	65,0	85,0	65,0	43,0
P _v	2,0	2,3	2,0	1,8
W	0,0127	0,014	0,0127	0,011
h	57,5	57,5	57,5	57,5
V _e	0,86	0,854	0,86	0,87
T _{pr}	17,7	19,0	17,7	15,5

Tabla psicrometrica

El cuadro 7 se emplea en la determinación de la humedad relativa del aire cuando se conocen las temperaturas del bulbo seco T y del bulbo húmedo T_{bh} . Dicha tabla se prepara para una presión atmosférica normal (nivel del mar). El cuadro es de doble entrada: la temperatura del termómetro de bulbo seco T se encuentra en la primera columna y la depresión psicrométrica ($T - T_{bh}$) en la primera línea. Los diversos valores de humedad relativa constituyen el cuerpo de la tabla. Así, por ejemplo, una temperatura del bulbo seco (T) de 28°C y una temperatura del bulbo húmedo (T_{bh}) de 25°C se encuentra en la primera columna de valor correspondiente a $T = 28^{\circ}\text{C}$ (cuadro 7). Siguiendo horizontalmente hasta la columna cuya depresión psicrométrica es 3°C , se encuentra el valor de $\phi = 78$ por ciento de humedad relativa del aire.

Psicrometria - lista de simbolos

Símbolos	Significado	Unidades

a_1	Constante psicrométrica	C-1
$b_1..b_e$	Constantes Adimensional	
$c_1..c_4$	Constantes	
P	Presión barométrica (presión total del aire húmedo)	N m-2
P_v	Presión parcial del vapor de agua	N m-2
P_{vs}	Presión	
$P_{vs,bh}$	Presión parcial del vapor de agua en la saturación a temperatura de bulbo húmedo	N m-2
T	Temperatura del bulbo seco	K
T_{bh}	Temperatura psicrométrica del bulbo húmedo	K
T	Temperatura termodinámica del bulbo húmedo	K
T_{pr}	Temperatura del punto de rocío	K
V_j	Volumen específico. de aire húmedo	m ³ kg-1
W	Razón de humedad del aire húmedo (razón de la mezcla)	kg/kg-1

W_a	Razón de humedad del aire húmedo (razón de la mezcla)	kg/kg
W_s	Razón de humedad del aire húmedo en la saturación	kg/kg
exp	Exponente, base de los logaritmos neperianos	
h	Entalpía del aire húmedo	J/kg-1
h_{kg}	Entalpía de vaporización del agua en la saturación	J/kg
h_{ag}	Entalpía de sublimación del hielo en la saturación	J/kg
h'_{kg}	Entalpía de vaporización del agua a la temperatura del punto de rocío (T_{pr})	J/kg
h'_{ag}	Entalpía de sublimación del hielo a la temperatura del punto de rocío (T_{pr})	J/kg
h''_{kg}	Entalpía de vaporización del agua a temperatura del bulbo húmedo (T_{bh})	J/kg
h''_{ag}	Entalpía de sublimación del hielo a temperatura del bulbo húmedo (T_{bh})	J/kg
l_n	Logaritmo natural	

◆	Humedad relativa del aire (decimal o porcentaje)	Adimensional
◆	Grado de saturación (decimal o porcentaje)	Adimensional

[CUADRO 7: Tabla psicrométrica para presión atmosférica normal](#)

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

Bibliografía

[Indice](#) - [◀ Precedente](#)

ASAE, D271,2. 1980. Psychrometric data; Agricultural Engineers Yearbook. St. Joseph, Michigan, U.S.A., Ameritan Society of Agricultural Engineers.

ASHRAE. 1977. Handbook of fundamentals. Chapter 5: Psychrometries. New York, U.S.A., Ameritan Society Heating Refrigerating Air Conditioning Engineers.

BARWICK, A.J., JORDAN, K.A. and LONGHOUSE, A.D. 1976. Accuracy in computer evaluation of moist air properties. St. Joseph, Michigan, U.S.A. Transactions of the ASAE. 10(4):579-585.

BOOT, R.H. and SHAW, R.L. 1981. Principles of potato storage. Lima, Peru, International Potato Center.

BROCHU, J. and WILLIAM, G.D.V. 1969. Vapor pressure deficit vs. relative humidity for expressing atmospheric moisture content. Naturaliste Can. 96, 621-636.

BROOKER, D.B., BARKER-ARKEMA, F.W. and HALL, C.W. 1974. Drying cereal grains. Westport, Connecticut, U.S.A., The AVI Publishing Company.

BROOKER, D.B. 1967. Mathematical modal of the psychrometric charts. St. Joseph, Michigan, U.S.A. Transactions of the ASAE. 10(4):558-560.

CHAU, K.V. 1980. Some new empirical equations for properties of moist air. St. Joseph, Michigan, U.S.A. Transactions of the ASAE. 23(5):1266-1271.

DOOREMBOS, J. 1976. Agro-meteorological field stations. Roma, Italy, FAO. Irrigation and Drainage Paper No. 27.

GIUDICE, P.M. 1969. Curso Intensivo de Armazenamento de Graos. Viçosa, Minas Gerais, Brasil, Imprensa Universitária.

HAZEN, L. 1980. Capítulo da técnica de refrigeração. Campinas, São Paulo, Brasil, Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia.

HALASZ, L. 1980. Capítulo da técnica de refrigeração. Campinas, São Paulo, Brasil, Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia.

HENDERSON, S.M. and PERRY, R.L. 1979. Agricultural process engineering. Westport, Connecticut, U.S.A., The AVI Publishing Company.

LEE, J.F. e SEARS, F.W. 1969. Termodinâmica. Sao Paulo, Brasil, Editora Universidade de Sao Paulo.

NOVA, N.A.V., OMETO, J.C. e SALATI, E. 1972. Aspectos termodinâmicos da atmosfera. Piracicaba, Sao Paulo, Brasil, Estola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

PALMATIER, E.P. 1968. The psicrometric chart and its applications. St. Joseph, Michigan, U.S.A. Transactions of the ASAE. 11(2):181-184.

SILVA, J.S. e COELHO, D.T. 1979. Notas de climatologia. Viçosa, Minas Gerais,

Brasil, CENTREINAR.

SILVA, M.B. 1972. Termodinâmica. Sao Paulo, Brasil, Editora Mc. Graw-Hill do Brasil.

THRELKELD, J.L. 1961. Termal environmental engineering. New Jersey, Prentice-Hall, U.S.A.

VAN WYLWN, G.L., e SONNTAG, R.E. 1976. Fundamentos da termodinâmica classica. Sao Paulo, Brasil, Editora Edgard Blucher.

WILHEM, L.R. 1976. Numerical calculation of psichrometric properties in SI units. St. Joseph, Michigan, U.S.A. Transactions of the ASAE. k9(2):318-325.

WEISS, A. 1977. Algorithms for the calculations of moist air properties on a hand calculator. St. Joseph, Michigan, U.S.A. Transactions of the ASAE. 20(6): 1133-1136.

[Indice](#) - [◀ Precedente](#)