

Manejo de soja húmeda en la poscosecha

Junio 2024

Diego de la Torre, Leandro Cardoso, Bernadette Abadía, Ricardo Bartosik



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria
Argentina

Estación Experimental
Agropecuaria
Balcarce



I P A D S

de la Torre, D. A.; Cardoso, M. L.; Abadía, M. B.; Bartosik, R. E.
 EEA INTA Balcarce, Ruta 226 km 73,5, Balcarce (7620), Buenos Aires, Argentina
 delatorre.diego@inta.gob.ar; cardoso.marcelo@inta.gob.ar; maria.abadia@inta.gob.ar; bartosik.ricardo@inta.gob.ar
 Junio 2024

Manejo de soja húmeda en la poscosecha

La conservación óptima de la soja desde la cosecha hasta su uso final requiere minimizar la pérdida de calidad. La calidad se define por atributos como integridad física, contenido de aceite, proteína, propiedades funcionales de la proteína y poder germinativo, dependiendo de su destino final, ya sea molienda, producción de texturizado o uso como semillas. Durante el almacenamiento, la principal amenaza para la calidad es la actividad microbiana, activada a niveles de humedad específicos del grano (equivalente a 70% de humedad relativa - ver Tabla 1). A mayor humedad, mayor rapidez en el deterioro. Además, almacenar semillas por encima de estos niveles conlleva un proceso de calentamiento biológico lento pero constante, con riesgo de pérdida de calidad si no se controla a tiempo. Es crucial diferenciar el concepto de mercadería seca en términos comerciales y de conservación. Mientras que para cereales en líneas generales ambos conceptos coinciden, para oleaginosas existen discrepancias. La humedad de las oleaginosas considerada "seca" comercialmente no resulta segura para su almacenamiento a largo plazo (en líneas generales, a mayor contenido de aceite, menor es la humedad de almacenamiento segura). En el caso particular de la soja es importante considerar que el almacenamiento a la humedad de recibo comercial (13.5%) por un período relativamente corto de tiempo (3-4 meses), con mercadería en buena condición y controlando la temperatura es relativamente segura. Pero el almacenamiento por largo plazo en dichas condiciones implica riesgos de pérdida de calidad producto de la actividad biológica. Por otra parte, el almacenamiento de soja con alta humedad (Mayor a 16%) acelera el deterioro exponencialmente.

Tabla 1. Contenido de humedad (CH) equivalente a HR de equilibrio de 70 (inicio de actividad microbiana) y 84% (inicio de producción de micotoxinas) a 20°C para diferentes granos. Valores obtenidos con la aplicación de Aireación y Almacenamiento de Granos del INTA-ISU (Maier y Bartosik, 2020) utilizando los valores de humedad relativa de equilibrio del 70 y 85% y las ecuaciones y parámetros de relación de humedad de ASAE (2001)

Grano	CH (%) equivalente a HR de 70% (almacenamiento seguro)	CH (%) equivalente a HR de 85% (desarrollo micotoxinas)
Sorgo	15,9	18,6
Cebada	15,3	18,6
Trigo	14,9	18,1
Arroz	14,6	17,4
Maíz	14,0	16,6
Soja	12,8	16,5
Colza	9,2	13,8
Girasol	8,3	12,5

En casos donde no se pueda alcanzar niveles ideales de humedad, es crucial monitorear constantemente la condición de almacenamiento y mantener baja la temperatura. Al bajar la temperatura se reduce la actividad biológica retrasando el proceso de pérdida de calidad causado por microorganismos. Además, si bien los insectos no son un factor crítico en el almacenamiento de soja, siempre es importante recordar que mantener el grano por debajo de 17°C limita severamente el desarrollo de los mismos. Por otra parte, la presencia de impurezas o materias extrañas también es indeseable, ya que pueden contener más humedad y favorecer el desarrollo de microorganismos e insectos. Por último, los granos afectados por patógenos tienen menos defensas contra agentes biológicos dañinos que los sanos.

En definitiva, para conservar los atributos de la soja durante su almacenamiento el grano debe estar: **SECO** (contenido de humedad igual o inferior a 12,8%), **FRÍO** (17°C o inferior), **LIMPIO** (sin materias extrañas, grano partido etc.) y **SANO** (poca incidencia de enfermedades, fundamentalmente fúngicas).

La condición inicial del grano junto al sistema de almacenamiento utilizado definirá el tiempo de almacenamiento seguro. En función de estos factores, las recomendaciones de manejo en poscosecha son las siguientes:

Previo a la cosecha

Es crucial prepararse adecuadamente para la cosecha. Esto incluye asegurarse de que los silos estén limpios por dentro, especialmente los pisos, conos y conductos de aireación, sin residuos de granos ni materiales extraños. Una vez limpios, se puede aplicar un insecticida residual aprobado para granos almacenados para controlar infestaciones persistentes en las instalaciones. Es importante llevar un registro de los silos disponibles y su calidad de aireación para asignar los silos con mejor aireación para la mercadería más húmeda. Se debe planificar junto al responsable de calidad, recepción y personal de la planta la estrategia de manejo según la condición de la mercadería recibida. En resumen, se debe establecer un protocolo de trabajo basado en la humedad y calidad de la mercadería recibida (por ejemplo, definir qué nivel de humedad se considera seco, cuál se almacena como húmedo, a partir de qué humedad se envía a secadora y qué silos se destinan para cada caso).

Recepción de la mercadería

Tanto en el almacenamiento a campo como en el acopio, es crucial tener un conocimiento preciso de la humedad de la mercadería antes de su almacenamiento. Esto es fundamental para tomar decisiones adecuadas y evitar riesgos innecesarios. Se recomienda utilizar medidores de humedad en buen estado y calibrados antes del inicio de la campaña. Además, es importante realizar un muestreo riguroso para obtener muestras representativas y registrar correctamente la humedad al momento del ingreso. El responsable de la recepción debe trabajar en estrecha coordinación con el responsable de la planta para garantizar que se tomen las decisiones correctas conforme a los procedimientos establecidos antes de la cosecha. Esto incluye las prácticas de acondicionamiento y la asignación del destino del grano dentro de la planta de acopio.

Acondicionamiento por humedad en silos

Si la soja ingresa con hasta un 16% de humedad, puede airearse en un silo con aireación reforzada. Este sistema puede reducir entre uno y dos puntos de humedad en aproximadamente un mes, lo que permite acercarse a una condición de almacenamiento seguro. Por ejemplo, si se cosecha soja con un 15,5% de humedad y se almacena en un silo con una aireación reforzada de $0,5 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1} \text{ t}^{-1}$, es posible reducir su humedad a un 13,5% (humedad de recibo) antes de que los hongos comiencen a desarrollarse y dañar el grano. Para lograrlo, es importante que el ventilador esté encendido la mayor parte del tiempo hasta reducir la humedad. Solo habría que apagarlo cuando la humedad relativa ambiente sea superior a 80%.

Medición de humedad: se debe prestar especial atención al funcionamiento de los humidímetros. En general estos instrumentos funcionan bien en los rangos típicos de humedad de almacenaje, pero con elevadas humedades el error de medición puede ser de 2-3 puntos. Se recomienda cotejar con otros humidímetros con muestras de referencia y en caso de duda comparar con un método patrón (ejemplo método de estufa).

Mantenimiento de grano húmedo previo al secado

La soja con alta humedad, por ejemplo 16%, no puede almacenarse a largo plazo en silos. Además, la secadora no suele secar el grano al mismo ritmo que llega la mercadería húmeda a la planta. Por lo tanto, es necesario destinar un silo para recibir la mercadería húmeda que luego será secada. Este silo debe tener una aireación reforzada ($0,5 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1} \text{ t}^{-1}$). La aireación debe mantenerse de manera continua, excepto en caso de lluvias o lloviznas. El grano húmedo respira muy intensamente, generando calor y afectando la calidad del grano. Mantener la aireación constante ayuda a mantener la temperatura del grano cercana al ambiente, conservando su calidad hasta que pueda ser secado. En ocasiones, cuando la cosecha tiene una humedad muy alta, es recomendable realizar una doble segregación del grano húmedo. Por ejemplo, se puede destinar un silo para el grano con humedad entre 16 y 17,5%, y otro silo para el grano con humedad superior a 17,5%. Esta práctica permite gestionar mejor el riesgo y optimizar el funcionamiento de la secadora. Mantener una humedad de ingreso constante a la secadora facilita su regulación, evitando variaciones bruscas que reduzcan su eficiencia. Además, cuando se necesita secar mercadería muy húmeda, puede ser conveniente realizar el secado en dos pasadas para obtener mejores resultados.

Mezclado

Si se cuentan con instalaciones adecuadas y una cantidad suficiente de soja seca, es viable mezclar el grano húmedo (hasta un 15%) con el grano seco para obtener un lote con un contenido de humedad promedio que cumpla con las normativas comerciales (igual o inferior al 13,5%). Es esencial considerar que, en la mezcla, los granos más húmedos tienden a perder humedad mientras que los más secos la absorben; sin embargo, este proceso no es instantáneo y puede llevar varios días. Por lo tanto, se debe evitar mezclar lotes con una diferencia de humedad mayor a 3 puntos porcentuales y/o usar grano muy húmedo en la mezcla (superior al 16%).

Si no se respetan estas pautas, es probable que los granos más húmedos en la mezcla sufran pérdida de calidad debido al desarrollo de hongos, pérdida de peso y calentamiento, lo que podría comprometer la conservación a mediano plazo de todo el lote. Además, es crucial entender que la almacenabilidad de un lote de granos cuya humedad se ajustó mediante mezcla no será igual a la de un lote con humedad homogénea. La primera situación implica mayores riesgos y, por ende, requiere una vigilancia más rigurosa.

Secado en silo

En algunos campos se disponen de sistemas de secado en silos, los cuales se conocen como "silos secadores". Estos silos secadores permiten el secado de soja de hasta 17% de humedad con aire natural o mínimamente calentado, hasta una humedad final de 13,5% en aproximadamente un mes. Estos silos tienen características de diseño específicas que los diferencian de los silos convencionales. Cuentan con un caudal de aire diez veces superior al de una aireación estándar ($1 \text{ m}^3\text{min}^{-1}\text{t}^{-1}$), un sistema de distribución de aire bien dimensionado (generalmente un piso plano completamente perforado), un calentador y un controlador automático del sistema. En su configuración típica la capacidad de estos silos va de 100 a 300 toneladas y el calentador, pueden funcionar tanto con gas (natural o propano) como con resistencias eléctricas. El INTA ha desarrollado un Silo Secador enfocado principalmente en el secado de granos con valor diferencial, como soja para obtener proteínas texturizadas, maíz pisingallo, semillas especiales y maíz para la industria. Sin embargo, también puede ser una alternativa viable para productores de soja a pequeña y mediana escala.

Secado alta temperatura

La opción más común para secar el grano es mediante secadoras de flujo continuo, alta temperatura (aproximadamente 60-70°C) y alta capacidad (toneladas por hora). Sin embargo, un calentamiento excesivo del grano o una extracción de humedad muy acelerada pueden afectar permanentemente la calidad de la semilla. Los problemas de calidad típicos relacionados al secado de soja son el descascarado (usualmente relacionado a un secado muy agresivo) y el sobresecado (con humedades por debajo de 12%) que resultan en porotos frágiles. Para prevenir este problema, es crucial asegurarse de que la temperatura del grano durante el secado no supere los 45 °C y la velocidad de secado del grano no excedan los 3 puntos porcentuales por hora.

Monitoreo

Una vez acondicionado el grano y dispuesto en un silo para su almacenamiento definitivo es importante monitorear su estado de conservación para detectar el desarrollo de focos de calentamiento (actividad biológica) causados por, entrada de agua, infestación de insectos, condensación de humedad, entre otras causas. El estándar para monitorear el estado de los granos consiste en la revisión periódica de la temperatura indicada por los cables de termometría, en busca de incrementos de temperatura (focos de calentamiento). Recientemente INTA lanzó un sistema de monitoreo complementario a la termometría que mide la concentración de CO₂ dentro del silo como indicador de actividad biológica (<https://co2ntrol.com.ar/>). Este sistema es muy sensible y se anticipa a las pérdidas de calidad adaptándose a silos de cualquier tamaño.

Almacenamiento en silo bolsa (sistema hermético)

Mediante un correcto manejo, el silo bolsa puede lograr una alta hermeticidad, lo que constituye una ventaja para almacenar grano húmedo. Si la soja se encuentra por debajo de 17% de humedad, en el silo bolsa se desarrollarán principalmente hongos. En un ambiente hermético la actividad respiratoria reducirá los niveles de oxígeno hasta valores próximos a la anoxia y la actividad de los hongos se restringirá. Mientras que esta situación persista, se obtendrá un ambiente beneficioso para la conservación. En caso de que no se logre una adecuada

hermeticidad (bolsas mal selladas o con roturas) el ingreso de oxígeno permitirá que el desarrollo fúngico continúe, afectando más rápidamente la calidad de la mercadería (desarrollo moho y de olores, incremento de acidez en aceite, etc).

Para garantizar una buena hermeticidad del silo bolsa se recomiendan 1) armar la bolsa en un terreno alto, nivelado, con ligera pendiente. ; 2) limpiar el terreno de malezas y residuos del cultivo anterior (evitar roturas en la base de la bolsa); 3) termo-sellar el inicio y cierre de la bolsa; 4) monitorear regularmente y emparchar todas las roturas y/o perforaciones (restaurar hermeticidad); 5) instalar cerco perimetral, implementar control de roedores, mantener el pasto corto y el terreno limpio en las inmediaciones (evitar la presencia de animales en los alrededores y minimizar riesgos de daños). Es importante señalar que, aunque desafiante, es posible lograr y mantener un silo bolsa hermético en condiciones de campo.

Otra particularidad del silo bolsa es que la temperatura del grano almacenado sigue la temperatura ambiente. Esto tiene implicancias directas sobre las posibilidades de manejo y la preservación de la calidad, sobre todo en situaciones donde la hermeticidad no pudo lograrse. Por ejemplo, a una misma humedad de grano, este se conservará mejor durante el invierno que durante la primavera o verano. En este sentido, si el almacenamiento de grano húmedo se extiende hasta la primavera, el aumento de temperatura del grano en la bolsa resultará en un incremento de la actividad biológica y el consecuente mayor riesgo de deterioro. En consecuencia, el almacenamiento de soja húmeda en silo bolsa no debería prolongarse más allá del invierno para preservar su calidad.

Otro factor que debe considerarse con el almacenamiento de grano húmedo es el riesgo de condensación y rehumidificación de estratos superiores del silo bolsa. Este proceso puede observarse luego de algunos meses de almacenaje, ya que es un proceso lento, que se acentúa si la bolsa está floja (sectores de poca tensión) y/o si está expuesta a una importante amplitud térmica (alta oscilación térmica entre día y la noche).

Corolario

El siguiente cuadro es una guía para la toma de decisiones de manejo de soja con alta humedad. En virtud de su practicidad el cuadro no captura la variedad de casos que se presentaran en una campaña por lo que se recomienda complementar con otras publicaciones (sugeridas más abajo).

Humedad		CH < 13,5%	13,5 % < CH < 16%	16 < CH < 20%	
Riesgo		BAJO	ALTO	MUY ALTO	
% Dañado (Granos brotados, hongos ...)		Menos a 5%		Mayor a 5%	Mayor a 25%
Destino		Comercialización sin restricciones.	Comercialización sin restricciones. Costos de secado + merma de humedad	Comercialización con descuentos según Norma de Calidad (1% por cada punto de dañado encima de 5%). Costo de secado elevado + merma de humedad Extrusado para alimentación animal dependiendo de composición y tipo de daño. Analizar micotoxinas, sobre todo en la soja húmeda con alto nivel de daño por hongos.	
EḶḶ ḶḶḶ	Manejo	Seguir recomendaciones habituales.	<ul style="list-style-type: none"> Excluyente asegurar la hermeticidad de la bolsa: Termo-sellado de cierre, emparchar correctamente todas las roturas, armar sobre terreno liso sin rastrojo ni elementos punzantes. Muy buen llenado, evitando dejar floja la bolsa. Asegurar accesibilidad a la bolsa: Ubicar en terreno alto, con pendiente suave no anegable y accesible a camiones para su extracción. En lo posible hacer uno o más playones para agrupar las bolsas. Monitoreo: Realizar un monitoreo frecuente (cada 10 días) de la calidad para observar cómo se comporta la mercadería. Se recomienda monitoreo con CO2 o calado (al menos 6 caladas por bolsa). 		
	Tiempo de almacenamiento	Entre 6 meses y 1 año dependiendo de temperatura y manejo	<ul style="list-style-type: none"> Hasta 3 meses máximo dependiendo de temperatura y nivel de hermeticidad. Es esperable que la temperatura ambiente baje en los meses de invierno permitiendo el almacenamiento hasta principios de primavera 		<ul style="list-style-type: none"> EXTRAER LO ANTES POSIBLE, el almacenaje no debe planificarse para plazos mayores a 30 días. Decidir extracción utilizando monitoreo.
EḶḶḶ ḶḶḶḶ	Manejo	<ul style="list-style-type: none"> Uso de aireación Recomendaciones habituales. 	<ul style="list-style-type: none"> Solo en silos con sistema de aireación en buen estado (mínimo 0,1 m³min⁻¹t⁻¹) Nivelar superficie y dejar espacio en el techo para facilitar ventilación. Descorazonar el silo luego de la carga (3% de la capacidad) Uso frecuente de aireación (8-10 hs/día) para bajar temperatura y 1 o 2 puntos de humeada. Monitorear frecuentemente: temperatura, olores, estado general. 		<ul style="list-style-type: none"> Solo en silos con sistema de aireación en buen estado (0,5 m³min⁻¹t⁻¹) Cargar hasta 1/2 de capacidad. Nivelar superficie y dejar espacio en el techo. USO CONTINUO DE LA AIREACIÓN Monitorear frecuentemente: temperatura, olores, estado general.
	Tiempo de almacenamiento	Sin restricciones	Sin restricciones si se mantiene baja la temperatura y se bajan unos puntos de humedad.		Sin restricciones si se mantiene baja la temperatura y se baja la humedad considerablemente (3 / 4 puntos) de lo contrario enviar a secadora.

Lecturas recomendadas:

ABADIA M.B., BARTOSIK R.E. ,CARDOSO M.L. , DE LA TORRE D.A. ,Giorda J.J. , Hoyos M. y Rúveda C. MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS EN POSCOSECHA DE GRANOS. Disponible en: <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/10434?locale-attribute=en>

Herramientas de cálculo para la Poscosecha. Acceso libre y gratuito en: <http://progranos.org/aireAr/mainMenu>

Silo Secador INTA: <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/05/silo-secador-2020.pdf>