

Soja en otoños lluviosos: fisiología, enfermedades, cosecha

Santos D.J.¹, Formento A.N.¹, Ferrari H.J.²
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
¹Estación Experimental Agropecuaria Paraná
²Estación Experimental Agropecuaria Concepción del Uruguay

Ante las condiciones meteorológicas imperantes a principios de la cosecha de soja 2023/24 en Entre Ríos y en gran parte de la región pampeana (lluvias abundantes, llovizna, nubosidad y temperaturas moderadas a altas), se analizan ciclos agrícolas anteriores con la misma problemática. Se resumen publicaciones previas de los autores escritas en años con características similares, así como el enlace donde es posible encontrarlas.

1. Germinado de granos dentro de las vainas de soja y como prevenir el fenómeno

A fines de marzo y principios de abril de 2021 se reportaron en el sur de Entre Ríos algunos cultivos de soja de segunda con granos germinados dentro de la vaina (Figura 1) (Santos D., Todo Agro, 2021). La germinación prematura es perjudicial para la calidad de la soja y, si bien es un proceso llamativo, no es grave en términos económicos. En el presente ciclo agrícola 2023/24 se registran condiciones similares.

La germinación de semillas de soja se desencadena cuando, habiendo granos maduros, se observan temperaturas superiores a 10° C y humedad de semilla superior al 50 %. La temperatura del aire y el contenido de humedad de la semilla durante el llenado están, habitualmente, muy por encima de estos mínimos (Figura 2). Sin embargo, las semillas de soja casi nunca germinan antes de la madurez, debido a que, como muchos otros cultivos, poseen varios mecanismos que evitan la brotación anticipada. Desafortunadamente, las condiciones climáticas de este otoño, en algunas localidades de Entre Ríos, serían propicias para el germinado prematuro.

La germinación prematura es perjudicial para la calidad del grano de soja, debido a que las semillas germinadas deben secarse a una humedad aceptable antes de la cosecha. Las semillas que no germinaron permanecen vivas incluso cuando se secan al 8 % de humedad o más, mientras que las que germinaron morirán. Esto sucede porque la cubierta de la semilla de soja se rompe durante la germinación y esto hace que el grano almacenado sea vulnerable a la invasión de hongos e insectos. Esto, y otros problemas, reducen el posterior tiempo de almacenamiento y la calidad del grano. Si bien una vez que el grano brotó no hay mucho por hacer, se recomienda recorrer los lotes para tener un registro sobre el porcentaje de plantas afectadas y anotar, además, la variedad, la fecha de siembra y el estadio fenológico preciso en que se encuentra el cultivo. Esta situación, que en este ciclo agrícola 2023/24 se ve en algunos lotes del sur entrerriano, llama la atención de los productores. Sin ser un síndrome de aparición frecuente, cuando ocurre, afecta a las plantas donde se manifiesta; se sabe que, por un lado, está relacionado con el cultivar, pero, por otro, está relacionado con el estado fenológico, siendo R6 –máximo tamaño de semillas– el más susceptible.

En relación con estas etapas de desarrollo, existen condiciones ambientales especiales que promoverían la germinación, tales como: temperaturas templadas (superiores a 10 °C) y condiciones de humedad (niebla, llovizna o abundante rocío) que mojen las vainas.

Por esto, es importante, en caso de tener información meteorológica cercana, tomar nota de los niveles de temperatura mínima (al amanecer), humedad promedio y lluvias ocurridas durante la semana previa. Es necesario enriquecer la información disponible, debido a que le permitirá al productor, junto con su asesor, tomar justa dimensión del problema y prevenirlo en ciclos agrícolas siguientes.



Figura 1. Germinación prematura en vainas de soja en estadio R6. Foto gentileza Ing. Agr. Ignacio Boschetti

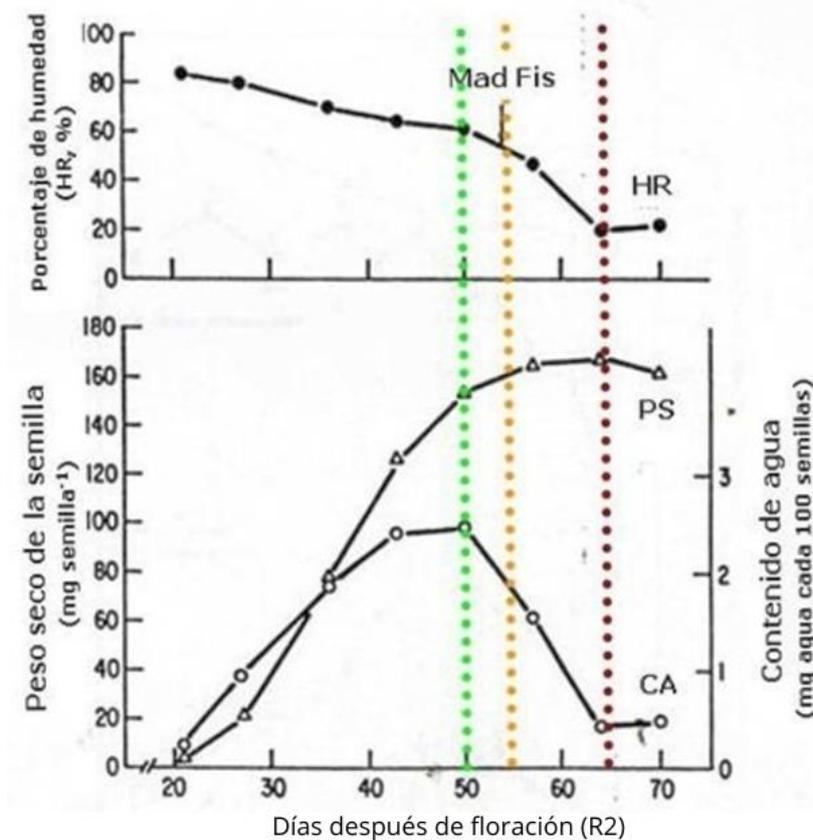


Figura 2. Evolución de la concentración de agua (porcentaje de humedad), del peso seco y del contenido de agua de la semilla de soja luego del inicio de floración (R1). Ref: Mad. Fis.: madurez fisiológica; HR: humedad relativa; PS: peso seco; CA: contenido de agua (extraído de Egli, 2017). *Las líneas verticales de puntos indican los momentos coincidentes con: máximo contenido de agua (R6 = línea verde), máximo contenido de materia seca (R7 = línea naranja) y mínima concentración de agua (R8 = línea castaño-oscuro). Ref. Egli, 2017.

2. Madurez de la soja con condiciones ambientales desfavorables en Entre Ríos: dehiscencia y germinación a campo, calidad y patógenos

Durante el mes de abril de 2016 la lluvias y mal tiempo reinante tuvieron una consecuencia negativa para la cosecha de cultivos de verano en Argentina, ya que en muchos lotes de producción se observaron granos de soja (Figura 3), maíz (Figura 4A) y sorgo (Figura 4B) “brotados”, es decir germinados. Las lluvias en la Estación Experimental Paraná alcanzaron, aquel año, 203 mm según el Observatorio Agrometeorológico de la EEA (Formento y Santos, 2017).



Figura 3. Germinación en cultivo en pie de granos de soja en estado de madurez de cosecha. ©Patología Vegetal. INTA-EEA Paraná. 13 de abril 2016. Dpto. Paraná.

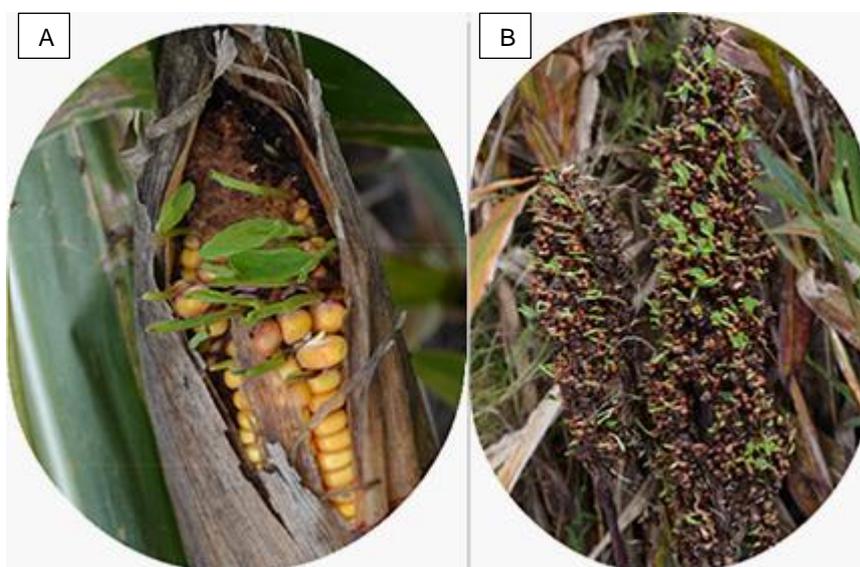


Figura 4. Germinación de maíz (A) y de sorgo (B) a campo. 13 de abril 2016. ©Patología Vegetal. INTA-EEA Paraná

En el caso de sojas del Grupo de Madurez (GM) V Largo, dentro de ensayos para el estudio de enfermedades sembradas a principios de diciembre, se alcanzó el estado R6 (completo llenado de granos) el 14 de marzo y el estado R7 (madurez fisiológica) el 01 de abril. Normalmente, en diez días más, hubiera llegado a R8, es decir a madurez comercial, disminuyendo de 55 a 14 % el contenido de humedad (Figura 2). En el ciclo agrícola 2023/24 las condiciones de exceso de humedad condujeron a la germinación o “brotado” de las semillas con el cultivo en pie, a campo.

Uno de los problemas al final de la estación de crecimiento y desarrollo del cultivo de soja puede ser la apertura de las vainas y/o la germinación de las semillas en planta (Holshouser, 2015). Esta anomalía es común cuando las vainas y semillas comienzan su desarrollo entre R4 y R6 con condiciones secas y completa el llenado de granos con alta humedad. La germinación de la semilla ocurre por condiciones extremas de humedad después que el cultivo alcanzó la madurez de cosecha y la cantidad de agua de la semilla se redujo por debajo del 50 %. Algunas de las causas de la apertura de las vainas no están claras, pero cuando se desarrollan bajo condiciones extremas de déficit hídrico son generalmente más pequeñas. Si llueve demasiado entre R6 y R7, la semilla crece mucho y tiende a salir de la vaina provocando la separación de los carpelos y disminuye la calidad de las semillas. Sin embargo, la germinación no siempre está directamente relacionada con la apertura (dehiscencia) de las vainas, y éstas se abren después de la germinación de las semillas. Si bien no es muy contundente, se observaron más semillas germinadas cuando las vainas poseían mucho tizón por *Cercospora* spp. (vainas oscuras).

La germinación ocurre primero en la parte superior de las plantas donde hay más vainas oscuras casi negras y por el contrario cuando no hay vainas “atizonadas” por *Cercospora* spp., la germinación es mayor en la parte inferior de las plantas, donde la humedad relativa es superior. En condiciones de lluvias menos

abundantes estas anomalías son leves y el efecto sobre el rendimiento y la calidad de las semillas son mínimos. Después de una semana sin lluvias, condiciones secas y alta heliofanía, las semillas germinadas también se secan, pueden desprenderse y caer desde las vainas. En casos severos puede ocurrir un menor peso de granos y los “brotes” secos pueden considerarse cuerpos extraños y el lote ser rechazado. La regulación especial de la maquinaria para estos casos puede mejorar la calidad de la cosecha. A su vez, el servicio de Manejo de Plagas (MIP) de la Universidad de Missouri (<http://ipm.missouri.edu>) comenta que los requisitos primarios para que la semilla germine son temperaturas por encima de 10 °C y humedad superior a 50 %; antes de la madurez de cosecha (R8) nunca germinaría. Como se mencionó más arriba la soja, al igual que otros cultivos, posee diversos mecanismos fisiológicos que evitan la germinación antes de la madurez de cosecha. Las semillas de soja en desarrollo producen diversas hormonas como el ácido abscísico que previenen la germinación de semillas inmaduras y cuando madura, cambia la concentración de esta para favorecer la germinación (Wiebold, 2014).

En cuanto al uso de fungicidas, las parcelas sin aplicación se observaron muy diferentes a las tratadas, con un color oscuro generalizado que contrasta en forma marcada con las parcelas tratadas de un color castaño claro (Figura 5). Externamente las vainas de parcelas sin fungicidas se ven “negras” con manchas oscuras de diversas formas y tamaños, mientras que las extraídas de parcelas tratadas con fungicidas se ven claras o “limpias”, pero bajo lupa se destaca también la presencia de patógenos (Figura 6). Sobre los tejidos de las vainas oscuras casi negras se registraron en orden de importancia, principalmente hongos patógenos de los géneros *Cercospora*, *Colletotrichum* y *Phomopsis* (Figura 7). En las vainas procedentes de parcelas tratadas con fungicidas de color castaño claro, predominaron los géneros *Colletotrichum* y, en menor medida, *Phomopsis* (Figura 9), pero no se observó *Cercospora* sp.



Figura 5. Parcela de soja sin fungicida (izq.) y con fungicida (der.). ©Patología Vegetal. INTA-EEA (Paraná, abril 2016).



Figura 6. Vainas procedentes de parcelas con fungicidas (arriba) y vainas de parcelas sin fungicidas (abajo). ©Patología Vegetal. INTA-EEA Paraná, abril 2016



Figura 7. Manchas negras de forma variable causadas por *Cercospora* sp.; áreas más claras con *Phomopsis* sp. (flecha roja). ©Patología Vegetal. INTA-EEA Paraná, abril 2016.



Figura 8. Vainas de soja procedentes de parcelas tratadas con predominancia de *Colletotrichum* spp. y en menor proporción *Phomopsis* spp. ©Patología Vegetal. INTA-EEA Paraná, abril 2016.

Otros hongos observados externamente, patógenos débiles o saprófitos, fueron *Stemphyllium*, *Alternaria*, *Ulocladium*, *Cladosporium* y *Periconia*. Aquellas semillas que pudieron ser cosechadas previamente a las lluvias de mediados de febrero se caracterizaron por una buena calidad, aunque en algunos casos con altas infecciones, con el hongo *Cercospora kikuchii* (Figura 9). Los granos de vainas procedentes de parcelas con fungicidas en general poseen un mejor aspecto, pero igualmente están afectados, con deterioro del tegumento (rajaduras); sin embargo, los granos de parcelas no tratadas se caracterizan por un daño mayor y presentan tanto micelio como fructificaciones de diversos hongos. Con una cantidad de lluvia elevada, a pesar de estar tratadas, se observó una menor calidad y presencia de patógenos y saprófitos (Figura 10).



Figura 9. Semillas obtenidas de vainas cosechadas antes de las lluvias de febrero con presencia de *Cercospora kikuchii*. ©Patología Vegetal. INTA-EEA Paraná.



Figura 10. Vainas procedentes de parcelas con fungicidas (izq.) y de parcelas sin fungicidas (der.). ©Patología Vegetal. INTA-EEA Paraná. 13 de abril 2016. Dpto. Paraná.

Conocer las bases fisiológicas subyacentes de la problemática de “envejecimiento a campo” de los granos de soja, en pre-cosecha, así como los beneficios de una sanidad adecuada en esta etapa del ciclo

del cultivo, si bien no solucionan el perjuicio de condiciones ambientales extremas, permiten pensar en manejos preventivos adecuados con vistas a los próximos ciclos agrícolas.

3. Cosecha de soja con condiciones climáticas adversas

Al igual que la 2023/24 la cosecha de soja en 2016 se inició con elevadas lluvias en gran parte del área productiva del país (Ferrari et al., 2016) Las reiteradas lluvias sucedidas durante abril de aquel año pusieron en jaque la cosecha (Figura 11). Por el retraso de la cosecha las plantas de soja comenzaron a descomponerse por humedecimiento, con apertura de vainas, granos hinchados y, en muchos casos, brotados (Figura 12).

El INTA, brinda una serie de recomendaciones de regulación para facilitar la cosecha de grano en situaciones adversas de clima y suelo. Ante esta realidad, se deben aprovechar los pocos momentos de tregua que el clima ofrece para ingresar con las máquinas a los lotes, buscando que el impacto de las pérdidas sea el menor posible. Para ello, la cosechadora deberá estar preparada para transitar sobre un suelo con muy baja capacidad portante y alto riesgo de empantanamiento, ajustada para poder cortar plantas debilitadas y con chauchas de fácil apertura, regulada para alimentar eficientemente su sistema de trilla con material húmedo y calibrada para limpiar eficientemente el grano entre materiales con peso específico similares.



Figura 11. Cosechadora enterrada en un lote de soja.

En primer lugar, para facilitar el tránsito de la cosechadora sobre el suelo anegado, se deberá reducir la presión de inflado de los neumáticos, entre un 20 a un 30 % de lo normal, para aumentar la flotabilidad. Siempre será preferible y recomendable que la máquina esté configurada con neumáticos radiales (50 % menos libras de inflado) y de disposición dual o trial por eje (neumáticos externos más desinflados y gastados que el interno). Con radiales, duales y hasta triales se podrá reducir prácticamente a la mitad la presión específica sobre el suelo y, por ende, duplicar la flotabilidad del equipo (Figura 13).



Figura 12. Soja brotada por las continuas lluvias y alta humedad relativa.

Debe quedar claro que la capacidad portante del suelo es proporcional al tiempo en que la cosechadora permanezca sobre él, por lo que, una buena velocidad de avance de cosecha es importante para evitar la formación de numerosos frentes de ondas en el suelo, causante de excesivos esfuerzos de rodadura y consecuentes “empantanamientos”. La velocidad ideal para circular en estas condiciones es de 7,5 km/h, que es la máxima que el sistema de corte admite. Hay que recordar que estamos trabajando sobre un cultivo con apertura de vainas muy susceptible al desgrane (Figura 14).



Figura 13. Cosechadora equipada con neumáticos triales.

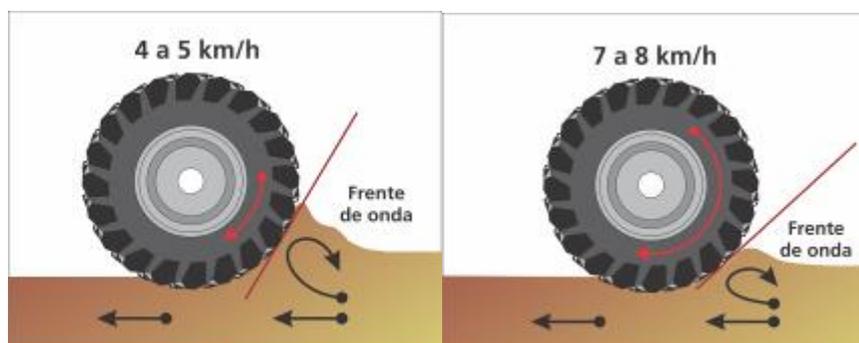


Figura 14. Velocidad de avance y efecto frente de onda de barro.

Una buena opción, poco común, es utilizar una cosechadora con sistema de traslación por orugas de goma, que permiten lograr una alta flotabilidad por su baja presión específica, con presiones sobre el suelo

de 600 a 400 g/cm², respecto a 1300 g/cm² de un neumático radial. Mejora sustancialmente la flotabilidad de la máquina evitar cargar a la máxima capacidad la tolva de la cosechadora, trabajando, como máximo, a mitad de tolva. Con esto se logrará reducir la presión específica sobre el suelo hasta un 30 %, pudiendo ser clave para garantizar la transitabilidad de la máquina sobre el suelo anegado. Además, deberá evitarse que los equipos de apoyo (tractores con tolvas auto descargables) transiten el terreno acompañando a la cosechadora durante la descarga. Dicho acompañamiento aumentaría el nivel de huellas, entre un 5 y un 7 %, y el riesgo de que el equipo de apoyo quede “empantanado” en el lote. Por lo tanto, se aconseja no sobrepasar el 50 % de la capacidad de la tolva de la cosechadora descargando en lugares menos comprometidos (cabeceras o lomas, Figura 15).

Para armonizar el trabajo de la cosechadora (50 % de carga) y la descarga en cabecera, se ofrece una fórmula muy sencilla que permitirá determinar en qué longitud el operador obtendrá aproximadamente 50 % de la carga de su tolva (Figura 16). Con esta fórmula, el operador sabrá que distancia deberá recorrer, para que cuando esté de regreso en la cabecera, se encuentre aproximadamente a mitad de carga de tolva.

Es importante que por más que la máquina este avanzando a su máxima velocidad, las revoluciones de giro del molinete no superen entre 10 y un 15 % (IM 1,1 – 1,15) la velocidad de avance, debido a que las chauchas se encuentran muy propensas a abrirse y, por lo tanto, el mínimo golpe del molinete sobre ellas provocará grandes pérdidas. Si se observa que existe una mala alimentación del sinfín concentrador o lona draper, no deberá optar por el aumento de las revoluciones del molinete, sino que para mejorar la alimentación será preferible optar por retraer unos 10 o 15° las púas del molinete. Por el mismo motivo, procurar ubicar el centro circular del molinete a entre unos 10 y 15 cm por delante de la punta de las cuchillas de la barra de corte.

Dentro de los órganos internos de las cosechadoras, el sistema de trilla va a ser el que más va a sufrir los efectos de la condición húmeda y fácilmente empastable de este tipo de material. En los sistemas transversales o convencionales, será primordial que la apertura de este sea mayor a la entrada que a la salida (prácticamente el doble). Esto se debe a que el mayor volumen de material se presenta al comienzo de la trilla y va disminuyendo progresivamente por el colado del material a través de las grillas del cóncavo. De esta manera, se logra una trilla progresiva, reduciendo la posibilidad de empaste. Además, el trabajo en la condición húmeda deberá ser más agresivo que en las condiciones normales, con mayores revoluciones de cilindro y menor luz de apertura con el cóncavo (Tabla 1).

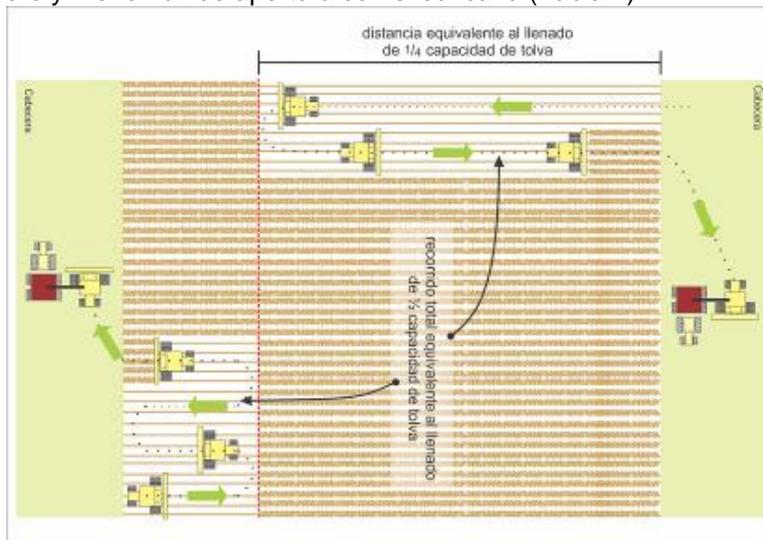


Figura 15. Recorrido de la cosechadora en el lote con suelo anegado.

$$\text{Distancia a recorrer (m)} = \frac{\text{capacidad de tolva (kg)} \times 10000 \text{ (m}^2\text{/ha)}}{2 \times \text{ancho cabezal (m)} \times \text{rendimiento (kg/ha)}}$$

Figura 16. Fórmula para calcular el recorrido y obtener el 50 % de carga en tolva.

Tabla 1. Revoluciones del cilindro de trilla para soja húmeda

Estado del Cultivo	Vel. Tang. (m/s)	DIÁMETRO (MM)			
		510	560	610	660
		RPM CILINDRO			
SOJA HÚMEDA	25	840	750	700	650

En el caso de cosechar con un sistema de trilla axial, la regulación de revoluciones de giro del rotor, y de luz con sus camisas, dependerá de si se trata de una máquina con un sistema centrífugo o de fricción. Los primeros son, en general, los que presentan muelas en gran parte de su superficie (Figura 17A), mientras que los segundos presentan muelas solo en la zona de trilla y dedos en la zona de separación (Figura 17B). Para la trilla de soja húmeda en los sistemas axiales, se podrían establecer los siguientes valores volcados en la Tabla 2.

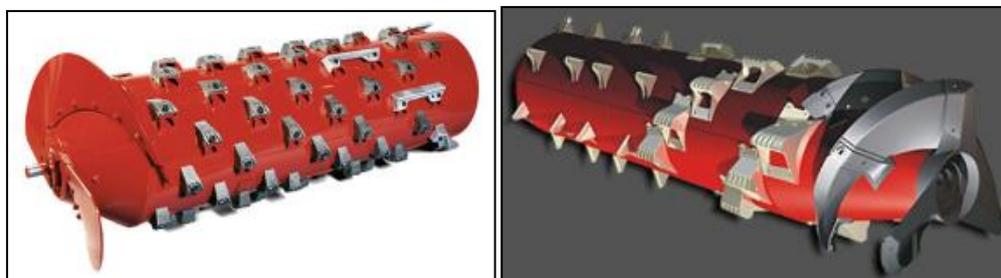


Figura 17A: Rotor axial centrífugo y **B:** Rotor axial por fricción.

Tabla 2. Revoluciones del rotor axial para soja húmeda.

SOJA HÚMEDA	Vel. Tang. (m/s)	ROTOR AXIAL CENTRÍFUGO		
		Ejemplo: RPM (750 mm Ø)	Ejemplo: RPM (760 mm Ø)	Ejemplo 2: RPM (430 mm Ø)
ROTOR AXIAL CENTRÍFUGO	30	X	750	1300
ROTOR AXIAL POR FRICCIÓN	20	490	X	X

Con respecto a la luz de apertura entre rotor y camisa (Figura 18), la misma se puede tomar en base al tamaño de las chauchas de soja que presente el lote. Siendo para los de fricción una luz representada por la altura de 2 chauchas de soja dispuestas horizontalmente. En cambio, para los centrífugos, dicha luz estará representada por la altura de 3 chauchas dispuestas de la misma manera que en el caso anterior.

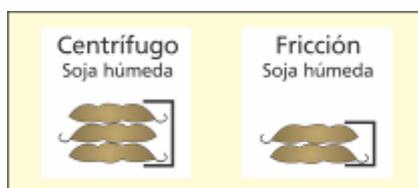


Figura 18. Referencia de luz de apertura entre rotor y camisa para soja húmeda.

Debido a que todo el material (grano, granza y paja) estará muy húmedo, la normal diferencia en peso específico que existe entre cada uno de los compuestos se achicará dificultando la labor de limpieza por diferencia de peso. Es por esto por lo que se deberá regular muy bien el sistema de limpieza por tamaño para luego ajustar por peso con el viento. Para ello, se hará circular a la máquina durante un trayecto corto (50 m) y se extraerá de la tolva una muestra de granos que será representativa del lote. Se cerrarán por completo las cribas del zarandón (zaranda de primera limpieza, Figura 19) y se depositará sobre ésta dicha muestra.

Seguidamente se deberán abrir cuidadosamente las cribas hasta el punto en que hayan caído todos los granos, luego se toma con un calibre dicha medida de apertura, por ejemplo 6 mm, y con ese valor se regula el resto del sistema de limpieza. Se le da un 20 % más a zaranda (zaranda de segunda limpieza), o sea 7 mm, un 50 % más a zarandón (9 mm) y un 100 % más a prolongador de zarandón (12 mm). Teniendo esta relación concretada, el colado del material queda ajustado físicamente, siendo propicio para trabajar con grano y granza húmeda. Luego solo quedará regular, desde la cabina, las revoluciones del ventilador hasta lograr que no se observe material sucio (granza) en tolva, ni pérdidas de granos, por encima de la tolerancia, por la cola de la máquina. Si la cosechadora cuenta con deflectores de viento, ante esta situación de alta humedad es aconsejable colocarlos lo máximo posible hacia adelante (contra la cabina), para lograr una corriente de alta presión y bajo caudal en el inicio del zarandón, permitiendo obtener un complemento eficiente a la separación por tamaño.

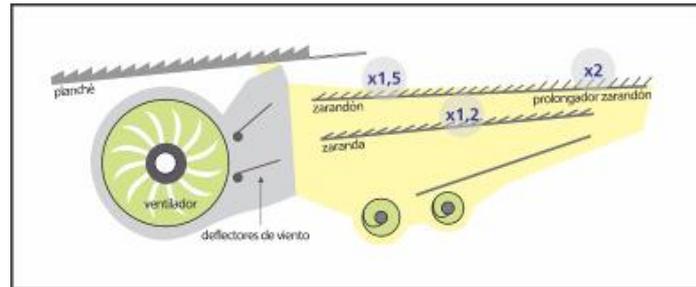


Figura 19. Regulación por "tamaño" del sistema de limpieza

Considerando que se está en presencia de una cosecha con muchas dificultades, con el cultivo muy susceptible al desgrane y en muchos casos con falta de piso o suelos inundados, se requiere una adecuada regulación de la máquina y en algunos casos una importante inversión en equipamiento, con altos consumos de combustible por tonelada de grano y un mayor desgaste de la cosechadora, sumado que el grano extraído suele presentar una calidad inferior. La cosecha con falta de piso es muy costosa y el contratista que lo haga debe ser bien remunerado, dado que, si cobra por hectárea o por tonelada como lo hace habitualmente, su facturación diaria se verá disminuida, acompañado de un incremento importante de su costo operativo. La peor situación es no invertir y abandonar el lote, con lo cual los productores que presenten esta problemática en sus campos deben valorar el esfuerzo y el desafío tecnológico que enfrentan los contratistas para levantar la cosecha.

Para seguir leyendo...

Egli, D. B. 2017. Seed biology and yield of grain crops. CABI.

FERRARI H., FERRARI M.C., SANCHEZ F., URRETZ ZAVALÍA G. y M. BRAGACHINI 2016. Cosecha de soja 2016: Situación de urgencia por condiciones climáticas adversas. https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/874/CR%20Entre%20Rios_EEA%20Concepcion_Ferrari_H_Cosecha_de_soja_en_situacion_urgencia_por_lluvias.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Verificación abril de 2024].

FORMENTO A.N. y D.J. SANTOS 2017. Madurez de la soja con condiciones ambientales desfavorables en Entre Ríos: dehiscencia y germinación a campo, calidad y patógenos. ADAMA. <https://www.adama.com/argentina/es/espacio-del-productor/novedades/2016/04/madurez-de-la-soja-con-condiciones-ambientales-desfavorables-en-entre-rios>. [Verificación Abril de 2024].

HOLSHOUSER D. 2015. Wet Conditions May Lead to Soybean Seed Sprouting. Virginia Cooperative Extension. <https://blogs.ext.vt.edu/ag-pest-advisory/wet-conditions-may-lead-to-soybean-seed-sprouting/>. [Verificación abril de 2024].

TODOAGRO 2021. Soja: Por qué germinan los granos dentro de las vainas y como prevenir el fenómeno en futuras campañas <https://www.todoagro.com.ar/soja-por-que-germinan-los-granos-dentro-de-las-vainas-y-como-prevenir-el-fenomeno-en-futuras-campanas/> [Verificación abril de 2024].

WIEBOLD W. 2014. Seed Germination Before Harvest. <http://ipm.missouri.edu/IPCM/2014/10/Seed-Germination-Before-Harvest/>. [Verificación abril de 2024].

Para más información: santos.diego@inta.gob.ar