

# CONTROL TOTAL EN SEMBRADORAS, UN PASO MÁS HACIA LA ROBOTIZACIÓN

**Juan P Vélez, Fernando Scaramuzza, Diego Villarroel**  
EEA INTA Manfredi, CR Córdoba.

Aproximadamente el 65% de las sembradoras de grano grueso que se comercializaron en 2016 y en lo que va del 2017 fueron equipadas con dosificador neumático, lo cual establece un crecimiento exponencial en adopción de tecnología de distribución de semilla, especialmente en pos de una siembra de maíz altamente precisa. En el 2016, el 10 % de las sembradoras salieron equipadas con estabilizador entre los que se encuentran el sistema hidroneumáticos Baratec y el sistema neumático Precision Planting, en 2017 el porcentaje ascendió a 15%, y por cada 2 equipos hidroneumático Baratec se vendió 1 sistema estabilizador neumático Precision Planting, lo que establece gran predominio de la industria argentina. Respecto a los dosificadores, la dosificación variable ha crecido mucho, en 2016 un 30 % de sembradoras salieron equipadas con este sistema y en lo que va del 2017 se han vendido un 30% de sembradoras equipadas con dosificación variable de los cuales 50% con actuadores eléctricos y 50% con sistema hidráulico y cajas electromecánicas.

Actualmente en Argentina existen equipamientos de control y estabilizadores de cuerpos que obedecen a la tendencia de control total de la sembradora para maximizar la precisión.

Ensayos realizados en INTA Manfredi han arrojado un incremento de un 8% en la producción de granos de maíz utilizando estabilizadores en cuerpo de siembra.

Se realizaron pruebas comparativas con sembradoras equipadas con sistema tradicional de resorte y actuador hidroneumático de presión variable Baratec y sistema neumático Air Force de Precision Planting, en los cuales se relevaron uniformidad en la profundidad de siembra y uniformidad en la distribución de semillas sobre la línea.

## **Actuador hidroneumático de presión variable Baratec**

Por medio de presión hidráulica se modifica la presión existente dentro de una cámara neumática compuesta por un pulmón y actuadores hidroneumáticos. Estos últimos poseen un vástago que es el encargado de transformar dicha presión en fuerza de empuje, que instalados sobre un cuerpo sembrador, son capaces de controlar la profundidad de siembra haciendo a esta más uniforme y amortiguar las oscilaciones que generan los desniveles del suelo, haciendo que la distribución y la profundidad de semillas sea más estable.

Este sistema instalado sobre un cuerpo sembrador, permite controlar la fuerza de las ruedas sobre el terreno, siempre constante, sin importar la posición del cuerpo generada por las irregularidades del terreno.

La fuerza del actuador puede ser regulada en función de la necesidad que determine el tipo de suelo que se va a trabajar.

Para amortiguar los movimientos oscilatorios del cuerpo sembrador evitando vibraciones y/o rebote, el extremo de vástago que se encuentra en el interior de la cámara hidráulica tiene una válvula que posee pasos calibrados por los cuales fluye aceite, oponiendo una resistencia controlando la velocidad en compresión y expansión del vástago del actuador.



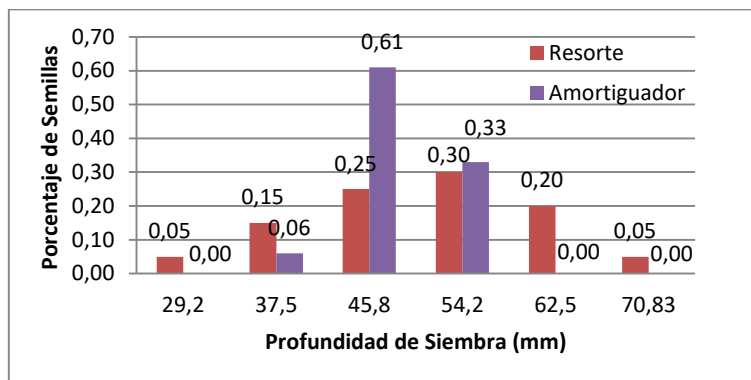
a



b

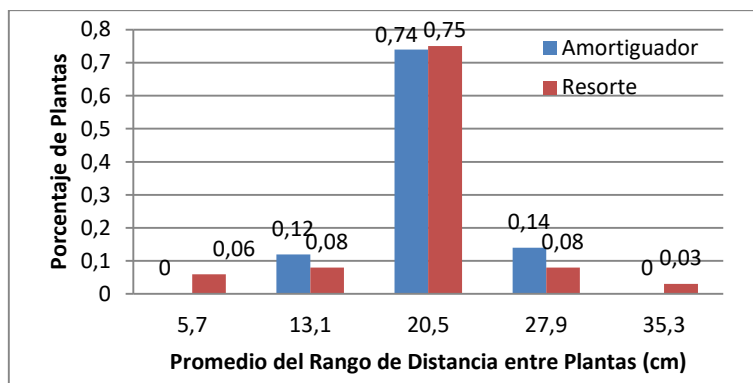
**Figura 1.** a) Amortiguador Baratec , b) Acumulador Hidroneumático.

Los resultados de los ensayos fueron contundentes tanto con la uniformidad en la profundidad de siembra como en la uniformidad en la distribución de semillas. La uniformidad en la profundidad se puede visualizar en la Figura 2, en donde la concentración de semilla entre rangos aceptables para una correcta germinación y una emergencia uniforme fue mayor en la siembra con copiado controlado respecto al copiado con resorte tradicional. En caso de la siembra programada a 6 cm de profundidad, copiado con amortiguador, el 94 % de las semillas fueron depositadas entre 45.8 y 54.2 mm de profundidad, mientras que con resorte la cantidad de semillas que representan ese rango aceptable alcanzó solo un 55%. Las semillas depositadas superficialmente o a una profundidad excesiva son prácticamente nulas en el sistema de copiado con carga constante, estos valores para el copiado con resorte convencional representan un 10%, compuesto por un 5% de semillas depositadas a una profundidad inferior a 29.2 mm y un 5% de semillas depositadas a una profundidad superior a 70.83 mm.



**Figura 2:** Porcentaje de semillas contabilizadas en función de la profundidad (mm) y del sistema de copiado a través de resorte tradicional y de amortiguador con carga constante, regulada para lograr 6 cm de profundidad.

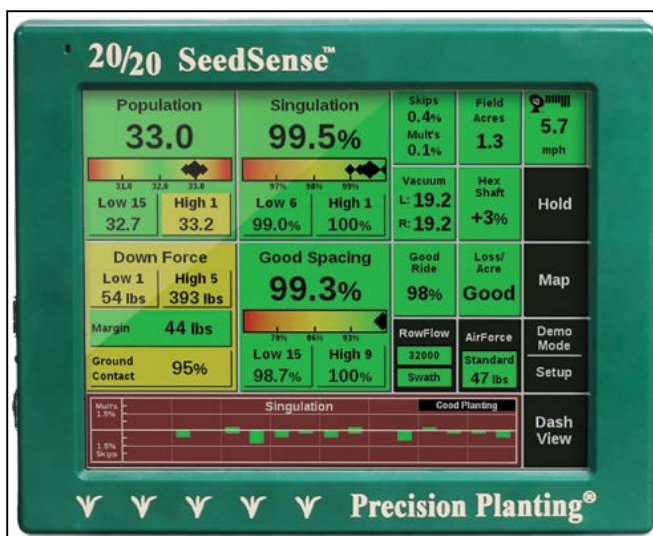
Se encontró un efecto de los los diferentes sistemas de copiado sobre la uniformidad en la distribución de plantas. La concentración de plantas dentro rangos aceptables en cuanto al espaciamiento dentro del surco es mayormente favorable para la siembra con copiado controlado respecto al copiado con resorte tradicional, debido a que con el amortiguador se lograron menor cantidad de plantas muy cercanas unas de otras o extremadamente alejadas.



**Figura 3.** Porcentaje de semilla en función de la distancia entre plantas (cm) con copiado a través de resorte tradicional y de amortiguador con carga constante.

### Sistema neumático Air Force de Precision Planting

Air Force utiliza el aire para aumentar o reducir la fuerza de copiado de forma automática sin ejercer demasiada fuerza sobre el suelo y con suficiente peso para mantener el cuerpo de siembra sembrando a una profundidad adecuada.

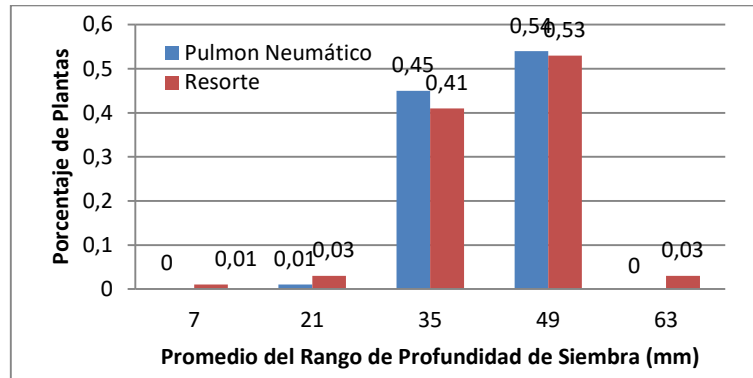


**Figura 4:** a) Pulmón Neumático, b) Consola 20/20 de Precision Planting.

Es un dispositivo que consiste en unas bolsas de aire ubicadas en el paralelogramo. Este sistema incluye los sensores inteligentes que miden la fuerza con la que el cuerpo actúa sobre el suelo y calcula el exceso de peso que podría ser quitada disminuyendo la presión de las bolsas manteniendo la profundidad de siembra constante, este control se hace surco por surco.

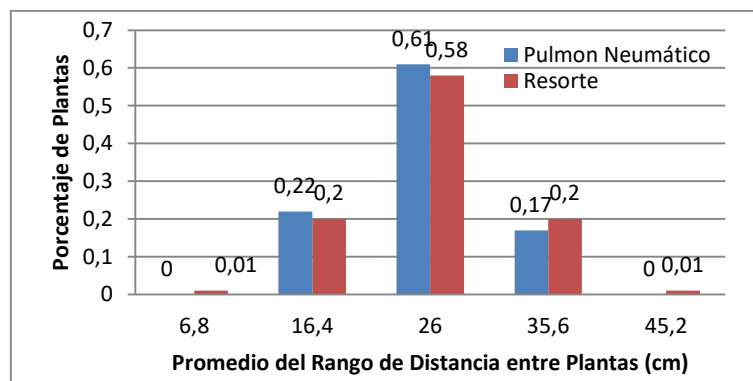
En el ensayo realizado para evaluar la uniformidad en la profundidad de siembra utilizando el sistema estabilizador neumático se logró un desvío estándar de 4.49 mm, mientras que el sistema de copiado con resorte tradicional lo hizo con 6.92 mm de DE. La uniformidad en la profundidad se puede visualizar en el Figura 5, en donde la concentración de semilla entre rangos aceptables para una correcta germinación y una emergencia uniforme fue mayor en la siembra con copiado controlado respecto al copiado con resorte tradicional. En el caso de la siembra programada a 5 cm de profundidad, copiado con pulmón neumático y resorte tradicional, la diferencia no fue de gran magnitud en los rangos con promedio de 35 y 49 mm. La diferencia se produjo en las semillas

depositadas superficialmente o a una profundidad excesiva siendo prácticamente nulas en el sistema de copiado con pulmón neumático. Estos valores para el copiado con resorte convencional representan un 7%, compuesto en un 3% en el rango de los 21 mm, un 3% de semillas depositadas a una profundidad promedio de 63 mm.



**Figura 5.** Porcentaje de semillas contabilizadas en función de la profundidad (mm) y del sistema de copiado a través de resorte tradicional y de Pulmón Numático, regulada para lograr 5 cm de profundidad.

Se encontró un efecto de los diferentes sistemas de copiado sobre la uniformidad en la distribución de plantas. La concentración de plantas dentro de rangos aceptables en cuanto al espaciamiento dentro del surco es mayormente favorable para la siembra con copiado controlado respecto al copiado con resorte tradicional, debido a que con el amortiguador se lograron menor cantidad de plantas muy cercanas unas de otras o extremadamente alejadas. La uniformidad en la distribución de la semilla sobre el surco lograda con el cuerpo equipado con pulmón neumático fue de 6.47 cm de DE, el cuerpo equipado con resorte lo hizo con 7.14 cm de DE. Lo que manifiesta mayor estabilidad en la uniformidad en la distribución de semillas que el resorte tradicional disminuyendo la dispersión de los datos en 0.67 cm.



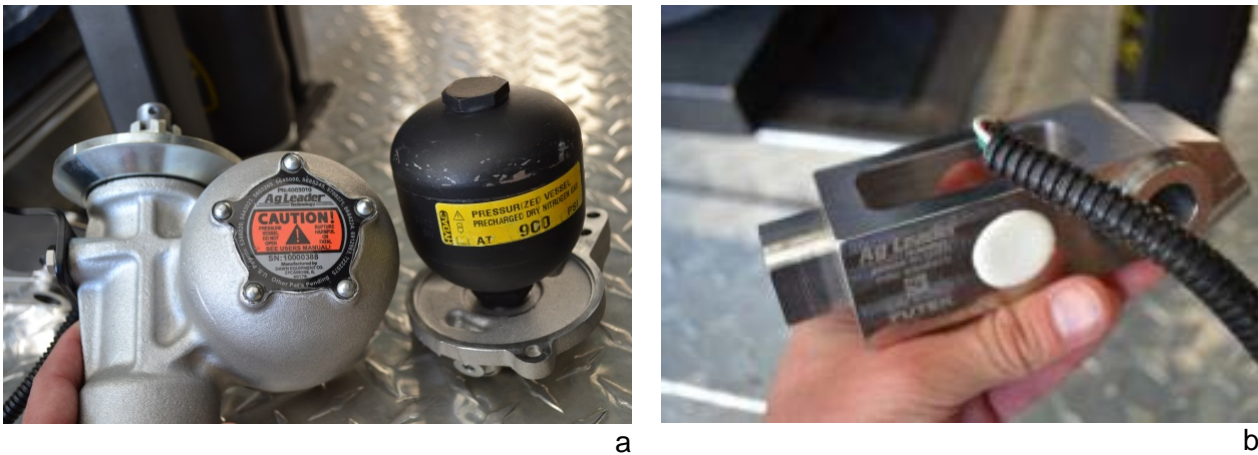
**Figura 6.** Porcentaje de semilla en función de la distancia entre plantas (cm) con copiado a través de resorte tradicional y pulmón neumático.

### Tendencias que se imponen

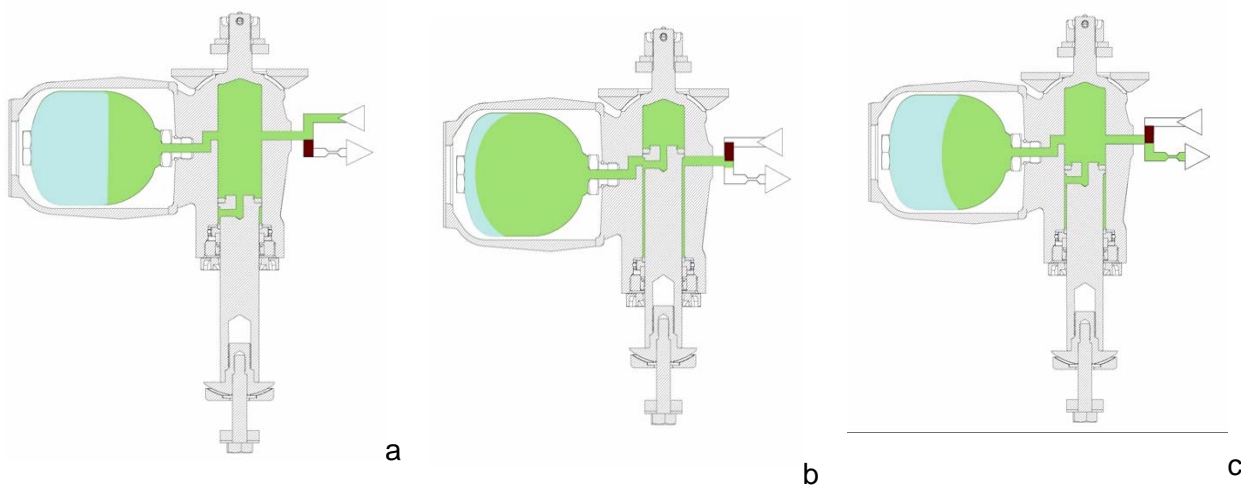
La tendencia en sembradoras es la del control automático total. A través de diferentes dispositivos se puede controlar con precisión la presión de los barre rastrojos y la presión del cuerpo de siembra sobre las ruedas limitadoras, esto posibilita ejercer la presión justa de todos los componentes de la sembradora sin excederse, con el fin de no generar demasiada presión. Esto cobra especial

importancia en las condiciones que presenta EEUU, ya que al remover la tierra, la deja mullida y propensa a la compactación, pero en las condiciones de Argentina es también importante por lo contrario, al no remover, se trabaja al suelo tal cual es su naturaleza ya que no se empareja con el arado sino que en donde el tipo de suelo cambia, o si existe alguna compactación por huella es cuando se necesita reacción y automatismo para que la profundidad de siembra sea la adecuada.

El sistema que se está imponiendo es el que manufactura la empresa DAWN, esta empresa logró desarrollar un sistema mixto que actúa en función de las condiciones de dureza del suelo medido por un sensor ubicado en el tope de la rueda limitadora a la vez que es capaz de amortiguar el movimiento del cuerpo de siembra a través de un contenedor de Nitrógeno. Al sistema lo están incorporando empresas como AgLeader, John Deere y Kinze.



**Figura 7.** Izquierda: sistema actuador y amortiguador mixto (hidráulico + nitrógeno) desarmado, donde se puede observar el tanque de almacenamiento de Nitrógeno. Derecha: sistema de medición de presión que se instala en el tope de la rueda limitadora.



**Figura 8.** a) Sistema normalizado, b) sistema ejerciendo presión sobre el nitrógeno pero sin apertura de válvula de retorno, y c) sistema que debió abrir la válvula de retorno por la presión superó la absorción del nitrógeno

Si el cuerpo de siembra golpea con un obstáculo este desplaza el aceite más rápido de los que el acumulador puede absorber, la válvula de retorno tiene un orificio restrictor que solo es abierta si el flujo de aceite es demasiado alto o demasiado bajo respecto a la presión positiva de la línea. Mientras la presión positiva o negativa no sea excesiva este movimiento es absorbido por el nitrógeno presurizado que se encuentra separado físicamente del aceite por una membrana, esto permite que el sistema absorba los movimientos oscilantes que se producen con la siembra sobre un terreno rugoso. Si la presión excede ciertos límites entra en función la compensación hidráulica que se encarga de mantener la presión constante. El sistema hidráulico además ajusta la presión necesaria para que el cuerpo de siembra trabaje con la presión adecuada, corrigiéndola en función de la dureza del suelo.



**Figura 9. REFLEX modelo 5028**

Dawn también desarrollo REFLEX modelo 5028 (figura 9), este sistema hidráulico es capaz de actuar bidireccionalmente, es decir de incrementar la fuerza hacia abajo en caso de que el suelo aumente la resistencia y también alivianar levantando el cuerpo en caso de que el peso del mismo aún sea excesivo con una rápida repuesta.

Otro sistema diseñado con el propósito de la regulación automática es el AirForce de Precision Planting (Figura 10) el cual continuamente ajusta la presión en función de las condiciones del suelo, con el doble airbag que no solo es capaz de incrementar la fuerza hacia abajo en caso de que el suelo incremente la resistencia si no que es capaz de alivianar levantando el cuerpo en caso de que el peso del mismo aún sea excesivo.

Precision Planting también provee un sistema de regulación automática hidráulico denominado DeltaForce, este equipo solo regula la presión hacia abajo y no tiene la posibilidad de alivianar, pero se le atribuye mayor velocidad de reacción ante los cambios que el sistema neumático.



**Figura 10. Delta Force - Precision Planting.**

Todos los componentes descritos son activos, es decir que trabajan en función de sensores que miden la presión sobre la rueda limitadora, cambiando la presión ejercida para que esta no sea excesiva y compacte el suelo, a la vez que impide que por una resistencia mayor por parte del suelo las cuchillas abre-surco no se claven lo suficiente dejando una profundidad desuniforme y con semillas muy cerca de la superficie.

Pero el control total de la sembradora comprende no solo al cuerpo de siembra sino que también existen desarrollos para el control del resto de los componentes y que necesitan un especial cuidado en el monitoreo de su regulación, como lo son los barre rastrojos y las ruedas tapadoras.



**Figura 11.** Sistema controlador de presión en barre rastrojos, de la marca John Deere que forma parte de su cuerpo de Siembra Exact Emerge

Es el caso de Neumatic Closing Wheels de John Deere (Figura 11), donde los ajustes se realizan desde la cabina de su pantalla 2630 y se puede configurar hasta 20 ajustes diferentes en función de las condiciones del terreno. Con este sistema de ajuste de las ruedas tapadoras, puede tardar hasta 10 segundos para ajustar una sembradora de 24 hileras. Los ajustes se pueden hacer sobre la marcha por medio de un botón. Hasta ahora solo es posible controlar en dos tramos y no cuerpo por cuerpo, además tampoco es activo, es decir que no existe ningún sensor que mida la presión que ejercen las ruedas, por ende no se regula automáticamente.

En cuanto a controladores de presión en barre rastrojos, Yetter y Precision Planting con sistemas neumáticos y Dawn con un sistema hidráulico (Figura 12), están compitiendo con productos revolucionarios que permiten, desde la cabina, controlar la presión necesaria para lograr la labor que se requiera, estos equipos tampoco son activos.



a



b



c

**Figura 12.** Sistemas controladores de presión en barre rastrojos, a) Air Adjust Floating row Cleaner 2940 de la marca Yetter que forma parte de un cuerpo de Siembra Exact Emerge de John Deere, b) Dawn Floating Row Cleaner, y c) Precision Planting CleanSweep.

En cuanto a automatismo de control de la sembradora el que ha sobresalido es el sistema integral que ofrece Dawn denominado Sistema de Control Reflex. Este sistema de siembra automatizado compuesto por tres componentes: Active Down Pressure (ADP), Active Control de profundidad (ADC) y un sistema de cierre de surco (ACS). En forma conjunta realizan las regulaciones en forma totalmente activa, sincronizadas e integradas del control de profundidad, del control de presión de los cuerpos y del control de presión de la rueda tapadora. Aún no hay mucha información al respecto en cuanto a su performance, pero una de las novedades es que, en lugar de controlar el trabajo de la sembradora mediante una presión hacia abajo, el sistema de automatización de siembra Reflex controla la profundidad hidráulicamente mediante un sistema de sensado del fondo de surco. El sistema mide constantemente la profundidad de siembra y el Reflex actúa para mantenerla siempre en la misma profundidad independientemente de las condiciones del suelo. La idea es que los productores no tengan que tocar físicamente sus cuerpos de siembra para regular la profundidad y la presión de las ruedas tapadoras ni del cuerpo de siembra.

Para los productores que trabajan diferentes tipos de suelo en un solo campo, este sistema podría ser especialmente útil ya que la profundidad puede ser cambiada automáticamente en todas las condiciones de suelo que puede haber en un lote.

## **CONCLUSIÓN**

Hablar sobre la robotización en la producción agrícola parece ser demasiado exagerado pero estas innovaciones hacen que estemos cada vez más cerca de lograrlo, al margen de las discusiones sobre efectos que la robotización pueda causar sobre la sociedad, lo cierto es que es una realidad totalmente posible y nuestro país no está marginado de ello. El nivel de adopción de tecnología de Argentina es elevado y el Agricultor es altamente adoptante de tecnología, obedeciendo al recambio generacional y al impacto positivo que producen estos avances tanto en la productividad como en lo medio ambiental.