

LA DOSIFICACIÓN POR EXPULSIÓN FORZADA Y EL DAÑO A LA SEMILLA: UNA REVISIÓN

M. TOURN¹; G. BOTTA¹ y E. SOZA¹

Recibido: 23/11/06

Aceptado: 12/12/06

RESUMEN

La siembra es un trabajo cultural en el cual factores biológicos, ambientales y mecánicos determinan que la cantidad de semilla que entrega la máquina es mayor que la de las plantas logradas. El tratamiento que los conjuntos dosificadores otorgan a la semilla es uno de los factores de la sembradora que define la población. La ausencia de daño a la semilla constituye un requisito no satisfecho por las sembradoras de grano fino equipadas con sistemas de dosificación por expulsión forzada. La revisión que se presenta posibilita establecer que la especie, el cultivar, el diseño, el material de construcción y las particularidades de regulación, operación y mantenimiento del dosificador constituyen las variables que inciden en su magnitud.

Palabras clave. Sembradoras de grano fino, dosificadores, rodillo acanalado, roldana doble, daño mecánico.

QUASI - POSITIVE - DISPLACEMENT METERING AND SEED DAMAGE: A REVIEW

SUMMARY

Sowing is a cultural work in which biological, environmental and mechanical factors determine that the amount of seed that gives the machine is greater than the one of the obtained plants. The treatment that seed metering devices grant to the seed is one of the factors of the drill that determine the crop establishment. The absence of seed damage constitutes a requirement nonsatisfied by the drills equipped with quasi - positive -displacement systems. The review that appears makes possible to establish that the species, the variety, the design, the material of construction and the particularities of regulation, operation and maintenance of the device constitute the variables that affect their magnitude.

Key words. Drills, seed metering devices, fluted wheel, internal double - run, seed damage.

INTRODUCCIÓN

La utilización de un implemento primitivo con el propósito de mecanizar la siembra encuentra sus orígenes en China, alrededor del año 2.500 a.c.; no obstante el primer diseño de la máquina sembradora se atribuye a Jethro Tull, a principios del siglo XVIII (Partridge, 1969). Los intentos se sucedieron en el tiempo y a mediados del siglo XIX, como conse-

cuencia de la definición de sus funciones, se arribó al diseño final (Conti y Herrmann, 1950).

La siembra es el trabajo cultural que persigue la obtención de una población a través de la utilización de una máquina que dosifique, conduzca y distribuya la semilla en el terreno. Optimizar la densidad de plantas es el primer requisito para alcanzar altos rendimientos, condición que exige el cumplimiento

¹Cátedra de Maquinaria Agrícola, FAUBA. Av. San Martín 4453. (C1417DSE) Buenos Aires, Argentina. mtourn@agro.uba.ar

preciso de las funciones de la sembradora (Kumar, 1989; Albarrán Millán *et al.*, 2006). Barañaño (1955) destaca la relevancia de la dosificación, debido a que el conjunto que la ejecuta debe descargar una determinada cantidad de semilla de forma constante y con independencia del llenado de la tolva, permitir la variación de la densidad de siembra dentro de un margen amplio y no dañar la semilla.

La cantidad de semilla distribuida por la máquina sembradora es usualmente mayor que la población deseada; factores biológicos, ambientales y mecánicos ocasionan que no todas germinen y emerjan (Srivastava *et al.*, 1993). El tratamiento que los dosificadores otorgan a la semilla es uno de los factores mecánicos que determinan la densidad final del cultivo (Hummel *et al.*, 1981; Shafii y Holmes, 1989), donde el promedio de plantas y su distanciamiento son los indicadores del éxito de la implantación. Compensar con mayor densidad de siembra un bajo porcentaje de germinación permitirá controlar parcialmente el inconveniente (Brewer y Richardson, 1978); de esta manera la inexistencia de daños que disminuyan la viabilidad se constituye en una cualidad de los conjuntos dosificadores (Kepner *et al.*, 1982; Cavalheiro Touriño y Klingesteiner, 1985).

Malinda (1988), al analizar la participación de las sembradoras en el establecimiento del cultivo de trigo en Australia, sostiene que pocos han sido los progresos en dichas máquinas desde su aparición en el siglo XVIII y que en el caso particular de los mecanismos de entrega de semilla su comportamiento no es del todo satisfactorio, requiriéndose investigación adicional y constante revisión de los mismos. De hecho, los conjuntos de rodillo acanalado de gran difusión actual en sembradoras de chorrillo y los discos alveolados para la dosificación individual, ya habían sido descritos por Niccoli, en 1905.

Las expresiones de Raggio (1997) permiten hipotetizar una respuesta a los cuestionamientos de Malinda. Para dicho autor, en los diez años previos, la evolución experimentada por las máquinas sembradoras ha resultado ser de la más significativa dentro del conjunto que compone la maquinaria agrícola; cambiaron sus características técnicas y se modificaron las funciones que cumplen dentro del proceso productivo. No obstante, aunque aprecia que la eficiencia de dichos equipos se ha incrementado, admite que aún constituye una cuestión pendiente. El cambio de sistema de implantación de cultivos hacia la siembra sin labranza aparece como

generador de dicho avance; para Martínez Peck (1998) la preocupación de los usuarios de la técnica radica en la generación de mejores condiciones de implantación, mayores emergencias y arranques más vigorosos de los cultivos. Estas consideraciones sugieren una marcada responsabilidad del tren de siembra; a ellas aportan Chaudhuri (2001), Baker *et al.* (2002) y Chen *et al.* (2004) quienes, en función de su alistamiento y la condición de suelo y rastrojo, asignan inconvenientes de ubicación y cobertura de la semilla que afectan la emergencia de los cultivos. De esta manera, la posibilidad de ocurrencia de situaciones subóptimas en el sustrato, sustenta la relevancia actual del tratamiento que la dosificación otorga a la semilla.

Antecedentes

Los cultivos en masa, en hileras (Colombino *et al.*, 1989) son aquellos en los cuales la ubicación de la semilla en la hilera se realiza a través de un flujo continuo denominado chorrillo. Las sembradoras utilizadas para lograr este tipo de distribución se denominan “de grano fino”. Los dosificadores que las equipan se identifican como conjuntos por expulsión forzada, por consistir su principio de funcionamiento en un órgano que al girar dentro de un recipiente que contiene la semilla expulsa una cantidad medida de la misma. Los nombrados como rodillo cilíndrico de eje horizontal acanalado (Figura 1) y rotor cilíndrico de eje horizontal con estriado interno de capacidad fija (Figura 2) (Marquez Delgado, 1982; Colombino *et al.*, *ibid.*), son los que presentan mayor difusión.

En la Argentina, Colombino *et al.* (1983) analizaron las principales características de 29 modelos de máquinas sembradoras para cultivos en masa, en hileras de fabricación nacional. El 74% de los dosificadores correspondía al rotor cilíndrico de eje horizontal con estriado interno, de capacidad fija y el 22% al rodillo cilíndrico de eje horizontal acanalado. La repetición del trabajo (1986), sobre 20 modelos arrojó, como resultado que el 85% de los conjuntos que las equipaban pertenecían al rotor cilíndrico de eje horizontal con estriado interno, de capacidad fija y el 10% al rodillo cilíndrico de eje horizontal acanalado. Un análisis posterior (Raggio y Tourn, 1994) mostró una situación diferente (Tabla 1). Con relación a lo descrito en la mencionada Tabla, es necesi-

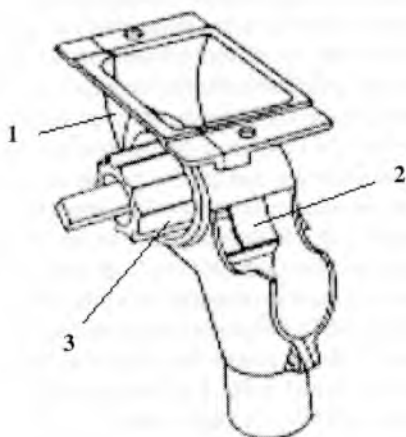


FIGURA 1. Rodillo cilíndrico de eje horizontal acanalado. Referencias: 1 carcasa; 2 compuerta basculante del orificio de descarga; 3 rodillo acanalado de dientes rectos. (Fuente: Colombino *et al.*, 1989).

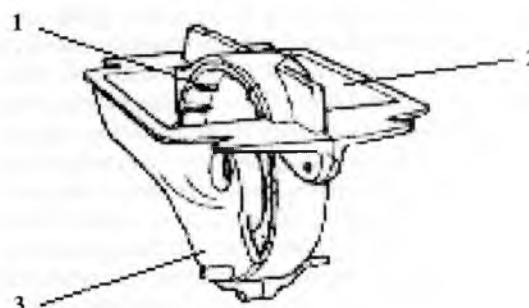


FIGURA 2. el rotor cilíndrico de eje horizontal, con estriado interno de capacidad fija. Referencias: 1 rotor; 2 carcasa; 3 orificio de descarga. (Fuente: Colombino *et al.*, 1989).

TABLA 1. Síntesis de la evolución de los dosificadores a chorrillo en la Argentina (1983-1994).

Año	Modelos	Tipo de dosificador (%)		
		rodillo acanalado	roldana doble	otros
1983	29	22	74	4
1986	20	10	85	5
1994	15	40	53	7

sario realizar la siguiente aclaración: en nuestro medio al rodillo cilíndrico de eje horizontal acanalado se lo identifica como rodillo acanalado y al rotor cilíndrico de eje horizontal con estriado interno, de capacidad fija como roldana. La aparición en el mercado de un conjunto dosificador de similar principio de funcionamiento que el de la roldana, pero con la diferencia de poseer dos rotores laterales, en lugar de uno en la parte central de la carcasa que lo contiene, determinó la necesidad de diferenciarlos. Al

dosificador con un solo rotor, por dividir este a la carcasa en dos compartimentos, se lo denomina roldana doble y al de dos rotores laterales, ubicados en un mismo compartimento, se lo identifica como doble roldana. Esta nomenclatura, establecida por Baumer *et al.* (1994) en su clasificación de conjuntos dosificadores de sembradoras para siembra directa de granos finos, es la que se adopta en la continuidad del presente trabajo.

El cambio que se produjo en 1994 se debió al gran número de sembradoras de origen extranjero, alistadas con dosificadores de rodillo acanalado, que ingresaron al país para competir en un mercado creciente como fue y es el de la siembra directa. La continuidad de los diseños no muestra preponderancia por alguno de los conjuntos mencionados: Baumer (1999) y Bragachini *et al.* (2001) citan a ambos como los más utilizados, sin manifestar expresas diferencias con respecto a su difusión.

En la implantación del cultivo de soja se observa una marcada participación de sembradoras de grano fino, a punto tal que hoy día se las denomina de grano fino-soja (Bragachini *et al.*, 2005; Principi *et al.*, 2005). La evidencia existente acerca de la respuesta favo-

table de los cultivares de soja tardíos a la disminución del distanciamiento entre surcos (Ewen *et al.*, 1981; Board *et al.*, 1991) y a que la uniformidad de distribución en la hilera no es un factor significativamente determinante de los rendimientos (Ewen *et al.*, *ibid.*), justificarían dicho incremento. No obstante, Jorgerson (1988) destaca la importancia del efecto de la dosificación en la integridad física de las semillas de especies leguminosas, al expresar que los ensayos efectuados con sembradoras de grano fino muestran un trato no adecuado o su rotura. Para Boller *et al.* (1991), la velocidad de la máquina, el tipo de dosificador y su regulación afectan la rotura de la semilla de soja, no así su poder germinativo. Fábregas *et al.* (1995), trabajando con un dosificador de roldana doble encuentran diferencias atribuibles a la regulación de la dosificación en ambos cuantificadores.

La variación de la dosificación de estos sistemas se realiza de dos formas: la roldana doble lo hace mediante el régimen, manteniendo constante su capacidad; en este diseño, la sección del orificio de salida es fija. En el rodillo acanalado mediante su desplazamiento axial, se modifica la capacidad de la carcasa que lo contiene, modificándose así la dosificación de semilla; esta posibilidad de regulación permite la variación de la sección del orificio de descarga en función del desplazamiento axial que se produce: menor capacidad de carga, menor sección del orificio y viceversa. A estas características Snyder *et al.* (1988)

las destacan por posibilitar la dosificación de diversos tipos de semillas con seguridad y simplicidad. Estas alternativas de funcionamiento y regulación otorgarían un tratamiento diferencial a la semilla que es analizado en los textos específicos. Conti y Herrmann (*op. cit.*) exponen que ambos dosificadores presentan la seguridad que los granos no se rompan y atasquen en los orificios de salida, pero Hunt (1983) distingue a la roldana doble por su acción suave y consistente. Para Candelón (1971) el rodillo acanalado provoca mayor porcentaje de rotura; Delafosse y Bogliani (1987) comparten la apreciación e infieren la existencia de un efecto directo de la densidad de siembra sobre el daño. En contraposición a estos Wilkinson (1977) cita que trabajar con escasa longitud activa del rodillo incrementa el daño; mayor longitud activa, y en consecuencia mayor densidad de siembra, lo reduce. El mismo autor coincide con Barañao y Chiesa (1982) al expresar que elevadas velocidades tangenciales del rodillo acanalado afectan los granos finos. Para Gieroba y Dreszer (1989, 1993) la velocidad tangencial del rodillo no excede la magnitud de $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, razón por la cual rechazan su intervención en la ocurrencia del daño y adjudican dicha responsabilidad a la fricción y presión que sufren las semillas por el acuñamiento que se produce durante su desplazamiento (Figura 3).

Lo expuesto permite inferir una mayor responsabilidad en el daño provocado a la semilla por el

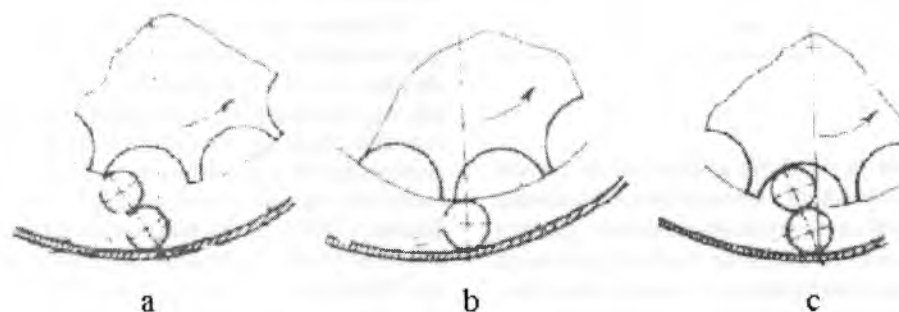


FIGURA 3. Acuñamiento de semillas entre el rodillo y fondo de la carcasa; a: acuñamiento de dos semillas entre diente del rodillo y fondo de carcasa; b: acuñamiento de una semilla diente del rodillo y fondo de carcasa y c: acuñamiento de dos semillas entre acanaladura del rodillo y fondo de carcasa. (Fuente: Gieroba y Dreszer, 1993).

rodillo acanalado. La existencia de accesorios y posibilidades de regulación de este mecanismo respaldarían el supuesto. Wilkinson (*op. cit.*) sostiene que la descarga por la parte superior del rodillo, alternativa no presente en la totalidad de los diseños, provoca menor porcentaje de rotura (Figura 4). Para Pellizzi (1973) el daño en la semilla se produce cuando esta se ubica entre rodillo y la carcasa, efecto que puede controlarse mediante el alistamiento de dos resortes, los que al ceder cuando aumenta la presión dentro de la carcasa permiten aumentar su capacidad (Figura 5); en adición, para Culpin (1978) la utilización de fondos de dosificador provistos de de-

flectores cargados por resortes en su cara convexa controlan el problema descrito, permiten realizar regulaciones para distintos tipos de semilla y constituyen una alternativa adicional de regulación de la densidad de siembra (Figura 6). Para controlar el daño mecánico en la dosificación de semilla de soja Sholar y Edwards (1997) recomiendan utilizar bajo régimen de rotación del rodillo y la mayor apertura de la compuerta basculante inferior (Figura 7).

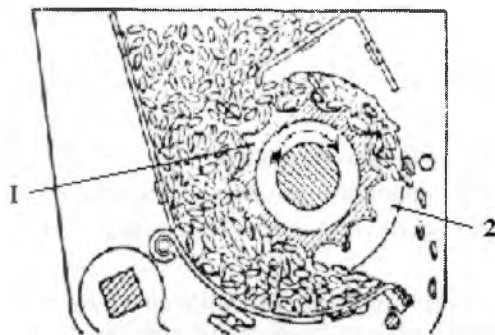


FIGURA 4. Rodillo acanalado con descarga por la parte superior. Referencias: 1- rodillo acanalado, 2- carcasa. (Fuente: Wilkinson, 1977).

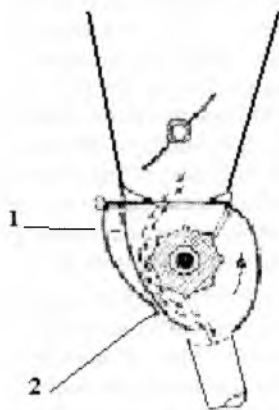


FIGURA 5. Rodillo acanalado con doble resorte. Referencias: 1- resorte de fondo, 2- resorte. (Fuente: Pellizzi, 1973).

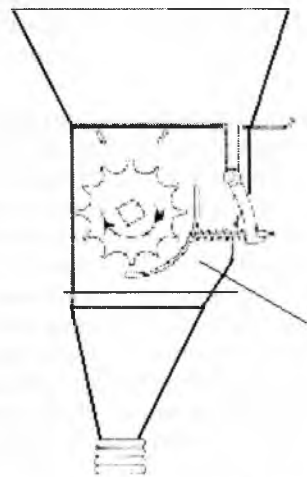


FIGURA 6. Rodillo acanalado con deflector cargado por resorte. Referencias: 1- deflector. (Fuente: Culpin, 1978).

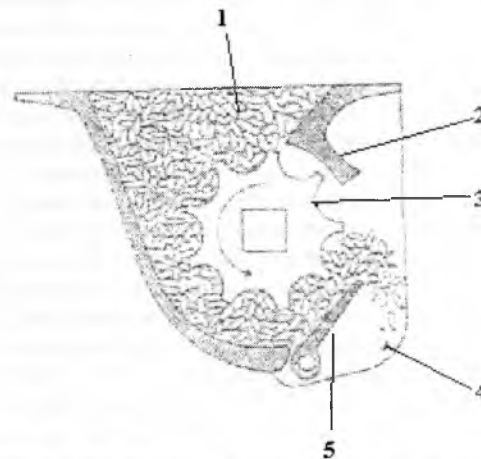


FIGURA 7. Compuerta basculante inferior. Referencias: 1- entrada de semilla, 2- carcasa, 3- rodillo acanalado, 4- descarga de semilla, 5- compuerta basculante. (Fuente: Sholar y Edwards, 1997)

Coupan en el año 1926, al describir el dosificador de rodillo acanalado, ya planteaba que el escollo del sistema radica en el daño que puede ocurrir cuando las semillas se introducen entre la cresta de los dientes del rodillo y el fondo de la carcasa. Además, también propuso como alternativa para controlar el inconveniente, el alistamiento de resortes en la cara convexa de la carcasa y la posibilidad de inversión del sentido de giro del rotor. En una propuesta para el análisis funcional de máquinas sembradoras, Viera dos Reis y Forcellini (2002) argumentan que el sistema de transporte de semilla dentro de la carcasa del rodillo acanalado presenta potencialidad de daño.

Los conjuntos por expulsión forzada se diseñaron para la dosificación de cereales; su utilización para la siembra de especies de mayor tamaño y susceptibilidad al daño mecánico requiere el control de su desempeño con anterioridad a la operación (Mathews y Carpenter, 2001). No obstante, Cavalheiro Touriño - Klingesteiner (*op. cit.*) consideran que el requisito básico de los dosificadores consistente en no provocar daño a la semilla no está siendo atendido por las máquinas ofrecidas y Marquez Delgado (1989) opina que independientemente del dosificador utilizado, siempre se produce cierto porcentaje de rotura.

Las primeras apreciaciones realizadas por Coupan (*op. cit.*) asignaban una tolerancia para la rotura de semilla de 2-3%, con independencia de la especie; para Klenin *et al.* (1986) el máximo admisible es 1%. Patterson *et al.* (1964) introducen a la disminución del poder germinativo de la semilla dosificada como un cuantificador adicional del daño. En contraposición, Delafosse *et al.* (1980) infieren la existencia de un efecto de escarificación, otorgado por los componentes mecánicos de los conjuntos dosificadores, que redundan en el incremento de su poder germinativo. Al respecto Delafosse (1985) en el ensayo de una sembradora de fabricación nacional, con dosificación a través de roldana doble a razón de 100 kg ha⁻¹ de trigo y con velocidades de avance de 5, 7 y 9 km h⁻¹, determinó que la variación experimentada en el poder germinativo fue de 94,3; 95,0 y 94,3% respectivamente, contra 93,0% del testigo. Los porcentajes de rotura correspondientes a las velocidades mencionadas, en promedio de tres repeticiones, fueron 1,57; 1,97 y 1,50%, ante un testigo que presentaba 1,70% de daño mecánico visible. Estos resultados que aportan a la hipótesis del logro de un

incremento del poder germinativo de la semilla dosificada, no encuentran en los de la rotura visible un aval para su sustento; la obtención de menores porcentajes de rotura con relación al testigo no es posible adjudicarla a la acción de dichos mecanismos.

Con el propósito de obtener un cuantificador que permita valorar la calidad del trabajo de los conjuntos dosificadores, integrando las variables descriptas, Soza *et al.* (1998) diseñaron un coeficiente denominado de “viabilidad de la semilla dosificada” que surge de la siguiente expresión:

$$C_{vb} = \frac{PG (\%)}{100} \times \frac{100 - RV (\%)}{100}$$

donde:

- C_{vb}: coeficiente de viabilidad
- P.G.: poder germinativo de la semilla dosificada
- R.V.: rotura visible de la semilla dosificada

El coeficiente se desarrolló con la intención de elaborar un cuantificador que contribuya al logro de la población deseada, mediante su consideración en la regulación de la densidad de siembra de la máquina. Esta propuesta procura compensar con mayor densidad inconvenientes detectados con anterioridad a la siembra, que incidirán negativamente en la emergencia. Si bien no es coincidente con las expresiones de Brewer y Richardson (*op. cit.*), constituye una herramienta que contribuye a la obtención de una población. En ese sentido, Kolasinska *et al.* (2000) aportan a esta metodología; para dichos autores la conjunción del recuento de los ensayos de germinación y el test de rotura predicen con mayor certeza la emergencia a campo que la prueba de tetrazolio, el test de conductividad eléctrica y la prueba de preenfriamiento.

Mazza Rossi (1990) comparó el efecto de la dosificación a través del rodillo acanalado y la roldana doble en la semilla de trigo. Al analizarlos mediante la utilización de diferentes regímenes y dos tamaños de semilla, detectó diferencias en favor del primero; la roldana doble rompió 28,26% más que aquél. Además al contrastar el régimen del dosificador y

tamaño de semilla, observó que las mayores velocidades tangenciales y el mayor tamaño de la semilla incrementan el daño, no hallando combinación de factores que potencien su rotura.

Nave y Paulsen (1979) al confrontar cinco dosificadores, entre los que se encontraban el rodillo acanalado y la roldana doble, con el propósito de caracterizar el tratamiento que provocan a la semilla de soja, concluyen que los daños que dichos conjuntos provocan son mínimos y que ambos son aptos para la siembra de la especie. Este antecedente es utilizado por diversos autores, aún en trabajos recientes, como un indicador de la factibilidad de uso de diferentes conjuntos dosificadores para la implantación de la especie (Carbonel *et al.*, 1998; Parish *et al.*, 1999; Ozmeri *et al.*, 2002; Karayel *et al.*, 2004). No obstante existen otros que no coinciden: Tourn *et al.* (1994) para una densidad de 500.000 semillas por hectárea en un dosificador de roldana doble encuentran en la semilla dosificada una disminución significativa del poder germinativo de 7,10%. En adición, con rodillo acanalado (Tourn *et al.*, 1998a) y con roldana doble (Tourn *et al.*, 1999), trabajando ambos conjuntos con diferentes combinaciones de regulación de la dosificación y velocidad de avance, hallaron una disminución máxima de 10,75% en el poder germinativo de la semilla dosificada para el primero y de 12% para el segundo, presentando en todos los tratamientos diferencias significativas con respecto al testigo. Con relación a la rotura visible atribuible a la dosificación, las magnitudes máximas ascendieron a 1% para el rodillo acanalado y 2% para la roldana doble. Ante estos resultados en ambos trabajos se concluyó que la mayor participación en el daño generado por los dosificadores corresponde a la disminución del poder germinativo. Al respecto cabe destacar que Leduc y Maloff (1992) informan la existencia de incrementos en la rotura y disminución del poder germinativo, en poroto y lenteja, como producto de la utilización de sembradoras con dosificación por expulsión forzada y conducción neumática (air seeders). La combinación que potenció el daño fue alta densidad de siembra y elevado caudal de aire en la conducción; además observaron que tanto las especies como los cultivos produjeron respuestas diferentes en los parámetros mencionados; siendo el poder germinativo más afectado que la rotura.

Ante la aparición en el mercado de un dosificador por expulsión forzada, diseñado con un órgano

activo compuesto por un rotor cilíndrico de eje horizontal con superficie axial deformable, Amado *et al.* (2000) hipotetizaron la ausencia de daños a la semilla de trigo y soja por parte de dicho conjunto. Mediante diferentes combinaciones de regulación no detectaron diferencias significativas entre tratamientos y testigo.

Silveira y Ferreira (1992) al comparar el desempeño del rodillo acanalado con el plato alveolado de eje vertical en la dosificación de arroz, también atribuyen al régimen del dosificador la responsabilidad del daño mecánico de la semilla. Ante un testigo que presentaba 2% de rotura, el rodillo acanalado ocasionó un daño que fluctuó entre el 2 y 7%, mientras que para el disco alveolado de eje vertical dicho cuantificador osciló entre 2 y 16%. En un ensayo de desgaste en rodillos acanalados de 200 horas de duración y trabajando con dos cultivares de arroz, Tourn *et al.* (1998, b) comunican una disminución del coeficiente de viabilidad de la semilla dosificada de 2,38% para uno de los cultivares y de 0,60% en el otro.

Sánchez *et al.* (1995) en colza, evaluaron la uniformidad de descarga y variación del poder germinativo provocado por dos conjuntos dosificadores de rodillo acanalado de diferente material de construcción: plástico y metálico; la capacidad de germinación de la semilla dosificada disminuyó 1,70% para el primero y 2,40% para el segundo. Comparando el efecto del rodillo acanalado, plato alveolado de eje vertical y la dosificación neumática en la misma especie, Taheri y Sedghi (2004) comunican 5,13% de rotura para el plato alveolado de eje vertical, 4,50% para el dosificador por expulsión forzada y 1,30% en el neumático.

Bansal *et al.* (1989) en el ensayo de un dosificador por expulsión forzada de diseño propio, menciona que con el objeto de reducir los costos de fabricación y mantenimiento es necesario que el sistema posea la menor cantidad posible de piezas móviles. En ese sentido, Dencker (1966), Candelon (1971) y Culpin (*op. cit.*) atribuyen ventajas de índole económica al rodillo acanalado, que radican en la posibilidad de variar la densidad de siembra sin recurrir a la modificación del régimen por medio de mecanismos que basan su acción en la modificación de la relación de transmisión del tren cinemático de la sembradora, siempre más costosos que los dispositivos para la variación de la capacidad del rodillo acanalado. Dichas ventajas, también se manifiestan

desde el punto de vista funcional. Tourn (2005) con el objetivo de caracterizar el tratamiento que el rodillo acanalado y la roldana doble generaban en la semilla de trigo y soja, ante diferentes condiciones de regulación y operación, simuló en banco de ensayo tres densidades de siembra y tres velocidades de avance con dos cultivares de trigo y similares variables con el agregado de tres distanciamientos entre hileras para igual cantidad de cultivares de soja. Los cuantificadores que posibilitaron la caracterización del daño fueron el poder germinativo y la rotura visible de la semilla dosificada. Los resultados mostraron que los dosificadores ensayados produjeron, en ambas especies, la disminución del poder germinativo y el incremento de la rotura visible de la semilla dosificada, en magnitudes variables que dependieron de la situación de operación-regulación de los conjuntos. En la roldana doble se verificó un incremento significativo del daño en la medida que la situación de operación-regulación requirió caudales de semilla (g min^{-1}) crecientes; no así en el rodillo acanalado. La posibilidad de entregar caudales de semilla crecientes con independencia del régimen de funcionamiento y el hecho de poseer sección variable en su orificio de descarga, posibilitó hipotetizar su responsabilidad en los resultados.

Los antecedentes descriptos sustentan la existencia de daño a la semilla producto de la dosificación por expulsión forzada y avalan la necesidad de su conocimiento con anterioridad a la siembra. El conocimiento mediato posibilitará establecer las medidas correctivas que surjan del mismo; ante su imposibilidad o ante un conocimiento inmediato previo a la siembra, la utilización del coeficiente de viabilidad de la semilla dosificada (Soza *et al.*, *op. cit.*) constituye una herramienta válida para utilizar al momento de la regulación de la densidad de siembra de la máquina sembradora, que contribuirá al objetivo del logro de la población deseada.

CONCLUSIONES

La dosificación por expulsión forzada provoca daños de magnitudes variables a la semilla. Su origen se relaciona con la especie, el cultivar, el diseño del dosificador, el material de construcción del conjunto y las particularidades de regulación, operación y mantenimiento del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBARRÁN, MILLAN, M.; J. TORRES SANDOVAL; M. AUDELO BENITEZ y J. OCHOA BIJARRO. 2006. Comparación de dos sembradoras neumáticas con diferente sistema de dosificación de semilla. *En: Actas del V Congreso Internacional de Ingeniería Agrícola*, Chillán, Chile, en sustento magnético, 11 pp.
- AMADO, M.; E.L. SOZA; M.C. TOURN; V. ARIAS y J.C. POLLACINO. 2000. Desempeño de un conjunto por expulsión forzada para dosificar trigo y soja. *En: Avances en Ingeniería Agrícola 1998-2000*. Editorial Facultad de Agronomía, Buenos Aires, pp 8-13.
- BAKER, C. J.; K.E. SAXTON and W.R. RITCHIE. 2002. No - tillage seeding. Science and practice. CAB International, London, 258 pp.
- BANSAL, R.; O. EL GHARRAS and J. HAMILTON. 1989. A roller type positive-feed mechanism for seed metering. *Journal of Agricultural Engineering Research* 43: 23-31.
- BARAÑAO, T.V. 1955. Maquinaria agrícola, Salvat Editores S.A., Barcelona, 608 pp.
- BARAÑAO, T.V. y C.A. CHIESA. 1982. Maquinaria agrícola. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires. 347 pp.
- BAUMER, C. 1999. Sembradoras y fertilizadoras para siembra directa. AAPRESID-INTA. Proyecto IPG. Publicaciones técnicas. Serie siembra directa N° 2, 345 pp.
- BAUMER, C.; C. DEVITO y N. GONZÁLEZ. 1994. Sembradoras directas de granos finos. Boletín de Extensión N° 9. PAC-BAN N° 5. 24 pp.

- BOARD, J.; B. HARVILLE and A. SAXTON. 1991. Why do soybeans yield better on narrow rows? Louisiana Agriculture. *Louisiana State University Agricultural Center* 34 (2): 16-18.
- BOLLER, W.; O. GASOLA; J.L. SEVERO; D. COSTA BEBER e E. SOUILLJEE. 1991. Avaliação de efeitos de mecanismos dosadores de semeadoras sobre danos mecânicos e fisiológicos em sementes de soja (*Glycine max* (L) Merr.). Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Londrina, 1180-1194.
- BRAGACHINI, M.; A. MÉNDEZ y A. VON MARTINI. 2001. Mercado de sembradoras: presente y futuro. *En: Eslabonamiento productivo del sector maquinaria agrícola argentina, 2° informe*. Consejo Federal de Inversiones, Bs. As., 76 pp.
- BRAGACHINI, M. y F. SCARAMUZZO. 2005. Siembra: mercado de sembradoras y tendencias. *En: Soja, eficiencia de cosecha y postcosecha*. M. Bragachini y C. Casini eds. INTA-APRECOP, Manual Técnico N° 3, 250 pp.
- BREWER, H. and C. RICHARDSON. 1978. Some relations among seeding density, germination percentage and plant spacing. *Transactions of the ASAE* 21(3): 431-434.
- CANDELON, P. 1971. Las máquinas agrícolas. Ediciones Mundi Prensa, Madrid. 679 pp.
- CARBONEL, S.; F. KRZYZANOWSKI and C. MESQUITA. 1998. A divece to impart impact on soybean seeds for screening genotypes for resistance to mechanical damage. *Seed Science and Technology* 26(1): 45-52.
- CAVALHEIRO TOURINO, M.C. e P. KLINGESTEINER. 1985. Lavoura produz mais com semeadora certa. *En: Coletânea de artigos sobre mecanização e máquinas agrícolas*, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Vol. 3: 395 pp.
- CHAUDHURI, D. 2001. Performance evaluation of various types of furrow openers on seed drills- a review. *Journal of Agricultural Engineering Research* 79(2): 125-137.
- CHEN, Y; S. TESSIER and B. IRVINE. 2004. Drill and crop performances as affected by different drill configurations for no till seeding. *Soil and Tillage Research* 77: 147-153.
- COLOMBINO, A.A.; F.L. DEL OLMO y M.C. TOURN. 1983. Principales características de las sembradoras para cultivos en masa, en hileras de fabricación nacional. *En: Guía de trabajos prácticos de maquinaria agrícola: máquinas para la implantación de cultivos*. CIFA, 45 pp.
- COLOMBINO, A.A.; F.L. DEL OLMO y M.C. TOURN. 1986. Principales características de las sembradoras para cultivos en masa, en hileras de fabricación nacional. *En: Guía de trabajos prácticos de maquinaria agrícola: máquinas para la implantación de cultivos*. CIFA, 39 pp.
- COLOMBINO, A.A.; J.C. POLLACINO; F.L. DEL OLMO; R.O. SOSA y M.C. TOURN. 1989. Máquinas para implantación de cultivos. 4ª ed. corregida y actualizada. Centro de impresiones de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Texto 70 pp y Atlas 138 pp.
- CONTI, M. y R. HERRMANN. 1950. Máquinas para sembrar. *En: Las Máquinas en la Agricultura Moderna, Tratado de Mecánica Agrícola*. (2ª parte). Biblioteca Agronómica y Veterinaria, Tomo V. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad de Buenos Aires, 374 pp.
- COUPAN, G. 1926. Máquinas de labranza. Salvat S.A., Barcelona, 528 pp.
- CULPIN, C. 1978. Farm Machinery, 9th ed. Granada Pub. Ltd., London, 410 pp.
- DELAFOSSÉ, R.; M. QUINTANA y R. ALESCIO. 1980. Estudio del funcionamiento de dosificadores de máquinas sembradoras. *IDIA* 395-396: 1-14.
- DELAFOSSÉ, R. 1985. Ensayo de máquinas sembradoras S7. Departamento de Ingeniería Rural. INTA Castelar. 36 pp.
- DELAFOSSÉ, R. y M. BOGLIANI. 1987. Ensayo comparativo de tres sistemas de dosificación en siembra de trigo. *ACINTACNIA* 25: 30-32.
- DENCKER, C.H. 1966. Manual de técnica agrícola, 1ra. ed.. Editorial Omega, Barcelona. 1252 pp.
- EWEN, L.; E. SMITH and D. EGLI. 1981. Double - crooped soybean planting variables. *Transactions of the ASAE* 24 (1):43 - 44 and 47.
- FÁBREGAS, G.A.; M.C. TOURN y J.B. RAGGIO. 1995. Efecto provocado en la semilla de soja por el dosificador de rotor cilíndrico de eje horizontal, trabajando con cuatro distanciamientos diferentes entre hileras. I Congreso Nacional de Soja y II Reunión Nacional de Oleaginosos. AIANBA. Pergamino, Prov. de Bs. As.. Tomo I, Cap. 2, pp 1-8.
- GIEROBA, J. and K. DRESZER. 1989. The effect of some technological process on grain quality. *Zeszyty Problemowe Nauk Rolniczych*, z. 378: 36-48.

- GIEROBA, J. and K. DRESZER. 1993. An analysis of the reasons for mechanical grain damage in working sets of agricultural machines. *Zeszyty Problemowe Nauk Rolniczych*, z. 399: 69-76.
- HUMMEL, J.; L. GRAY and W.R. NAVE. 1981. Soybean emergence from field seedbed environments. *Transactions of the ASAE* 24(4): 872-878.
- HUNT, D. 1983. *Maquinaria agrícola*, 7ma. Ed. Editorial Limusa, México. 450 pp.
- JORGENSEN, M. 1988. Choosing the right seeding and fertilizing equipment. PAMI. *Gleanings* 558, 7 pp.
- KARAYEL, D.; Z. BARUT and A. OZMERI. 2004. Mathematical modelling of vacuum pressure on a precision seeder. *Biosystems Engineering* 87(4): 437-444.
- KEPNER, R.; T. BAINER and E. BARGER. 1982. *Principles of farm machinery*, 3rd ed. Avi Pub. Co, Westport, Connecticut, 517 pp.
- KLENIN, N.; Y. POPOV and U. SAKUN. 1986. *Agricultural machines*. A. Balkema, Rotterdam, 633 pp.
- KOLASINSKA, K.; J. SZYRMER and S. DUL. 2000. Relationship between laboratory seed quality tests and field emergence of common bean seed. *Crop Sci.* 40: 470-475.
- KUMAR, A. 1989. Effect of sowing equipments on crop yield under dryland conditions. *Seeds and Farms* 15(3): 24-29.
- LEDUC, P. and K. MALOFF. 1992. Air seeder damage to pulses. PAMI Research Update 668. Humboldt, Saskatchewan, 4 pp.
- MALINDA, D.K. 1988. Optimization of broadacre seeder performance. Conference on Agricultural Engineering. Hawkesbury Agricultural College, N.S.W, pp 457-459.
- MARQUÉZ DELGADO, L. 1982. *Maquinaria para siembra y abonado. Métodos de ensayo*. FOCITEC, Madrid. 137 pp.
- MARQUÉZ DELGADO, L. 1989. *Solomaquinas 89*. Editorial Laboreo, Madrid. 266 pp.
- MARTÍNEZ PECK, R. 1998. Máquinas para la siembra directa. *En: Siembra directa* (E. Satorre coordinador), AACREA, Cuaderno de actualización técnica N° 59, pp 38-50.
- MATHEWS, P. and D. CARPENTER. 2001. Seeding equipments problems with faba beans. *Pulse points* 12, NSW Agriculture, 4 pp.
- MAZZA ROSSI, S. 1990. Ensayo de dosificadores de semilla de máquinas sembradoras de fabricación nacional. *En: Actas del 1er. Congreso de Ingeniería Rural*. Buenos Aires, pp 6-7.
- NAVE, W.R. and M.R. PAULSEN. 1979. Soybean seeds quality as affected by planters meters. *Transactions of de ASAE* 22(4): 739-745.
- NICCOLI, V. 1905. *Meccanica agraria II*. Ulrico Hoepli ed., Milano, 64 pp.
- OZMERI, A.; D. KARAYEL and M. TOPAKCI. 2002. Effect of sowing depth on precision seeder uniformity. *Biosystems Engineering* 82(2): 227-230.
- PARISH, R.; J. MCCOY and J. BRACY. 1999. Belt -type seeder for soybeans. *Applied Engineering in Agriculture* 15(2): 103-106.
- PARTRIDGE, M. 1969. *Early agricultural machines*. Hugh Evelyn Ltd. London. 48 pp.
- PATTERSON, D.; P. HEBBLETHWAITA; A. PHILLIPSON and T. BULL. 1964. A detailed test procedure for seed drills. Reprinted from the Annual Report of the NIAE. The British Society for Research in Agricultural Engineering, 8 pp.
- PELLIZZI, G. 1973. *Meccanica Agraria, Vol. II*. Edagricole, Bologna. 397 pp.
- PRINCIPI, M.; R. MATTANA; J. COLODRO y O. CARDINALLI. 2005. *Maquinarias agrícolas*. EFUNARC, 277 pp.
- RAGGIO, J.B. 1997. *Cómo y con qué en máquinas agrícolas*. E. Ayosa Impresores, Buenos Aires. 146 pp.
- RAGGIO, J.B. y M.C. TOURN. 1994. Principales características de las sembradoras para cultivos en masa, en hileras de fabricación nacional. *En: Guía de trabajos prácticos de maquinaria agrícola: máquinas para la implantación de cultivos*. CIFA, 47 pp.
- SÁNCHEZ, M.; E.L. SOZA y M.C. TOURN. 1995. Efecto provocado en la semilla de colza y en la uniformidad de distribución, por el dosificador de rodillo cilíndrico de eje horizontal acanalado, trabajando con cuatro densidades de siembra y tres velocidades de avance. I Congreso Nacional de Soja y II Reunión Nacional de Oleaginosos. AIANBA. Pergamino, Prov. Bs. As. Tomo II, Cap. 6, 197-204.

- SHAFII, S. and R. HOLMES. Air-jet seed metering, a theoretical and experimental study. *Transactions of the ASAE* 35(5): 1432-1438.
- SHOLAR, R. and L. EDWARDS. 1997. Planters and drills for soybeans. Production technology Vol 9, N° 25. Oklahoma State University. 4 pp.
- SILVERIA, D. e O. FERREIRA. 1992. Desempenho operacional de dois mecanismos dosadores de sementes em diferentes velocidades e razoes de distribuição, en sementeira de arroz. Anais do XXI CONEBA - I SEACS, Santa María, Brasil 3: 1765-1776.
- SNYDER, M.D.; M.L. LANDON and J.D. LONG. 1988. A no till drill for all seeding conditions. ASAE Paper N° 88, 1570, St. Joseph, MI.
- SOZA, E.L.; M.C. TOURN; E. CROCE; J. SMITH y M. AMADO. 1998. Metodología para la determinación del daño a la semilla provocado por dosificadores de sembradoras. IAMFE/ARGENTINA 98. Conferencia Regional Latinoamericana de Técnicas y Equipamiento para Ensayos de Campo. *Anales* 101-105.
- SRIVASTAVA, A.; C. GOERING and R. ROHRBACH. 1993. Engineering principles of agricultural machines. ASAE Textbook number 6. Asae, St Joseph. Mi. 601 pp.
- TAHERI, M.Y. and A.R. SEDGHI. 2004. Performance evaluation of three planters and selecting the best one in rapeseed sowing. The Joint Agriculture and National Resources Symposium, Tabriz, Ganja. Paper N° 35, 4 pp.
- TOURN, M.C.; E.L. SOZA y A. METE. 1994. Cuantificación del tratamiento que otorgan a la semilla de soja dos dosificadores de sembradoras para cultivos en masa, en hileras. I Congreso Internacional de Ingeniería Agrícola. Chillán, Chile, 6pp.
- TOURN, M.; E. SOZA y R. SOLESSIO. 1998a. Efecto de dos dosificadores de expulsión forzada en semilla de soja. *Revista de la Facultad de Agronomía* 18(1-2): 123-126.
- TOURN, M.; E. SOZA; E. BO y E. PEZZONI. 1998b. Viabilidad de la semilla de arroz en la dosificación por expulsión forzada. En: R. Balbuena; S. Benez y D. Jorajuría eds. Ingeniería Rural y Mecanización Agraria en el Ámbito Latinoamericano. Editorial de la U.N.L.P., 221 - 227.
- TOURN, M.C.; E.L. SOZA; M. AMADO; S. MUSTAFÁ y J.C. POLLACINO. 1999. Dosificación de semilla de soja mediante rotor cilíndrico de eje horizontal con estriado interno, de diferente material de construcción. Memorias del III Congreso Chileno de Ingeniería Agrícola Chillán, Chile; Volúmen I, Trabajo 045.
- TOURN, M.C. 2005. La dosificación por expulsión forzada y el daño a la semilla de trigo y soja: un análisis de las causas que lo originan. Tesis de Maestría. Postgrado de Mecanización Agraria. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. 92 pp.
- VIERA DOS REIS, A. and F. FORCELLINI. 2002. Functional analysis in the evaluation of four concepts of planters. *Ciência Rural, Santa María* 62(6): 969- 975.
- WILKINSON, R. 1977. Elementos de maquinaria agrícola, Tomo 2. FAO, Roma, 250 pp.