



Facultad de
Ciencias Agrarias
y Forestales



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

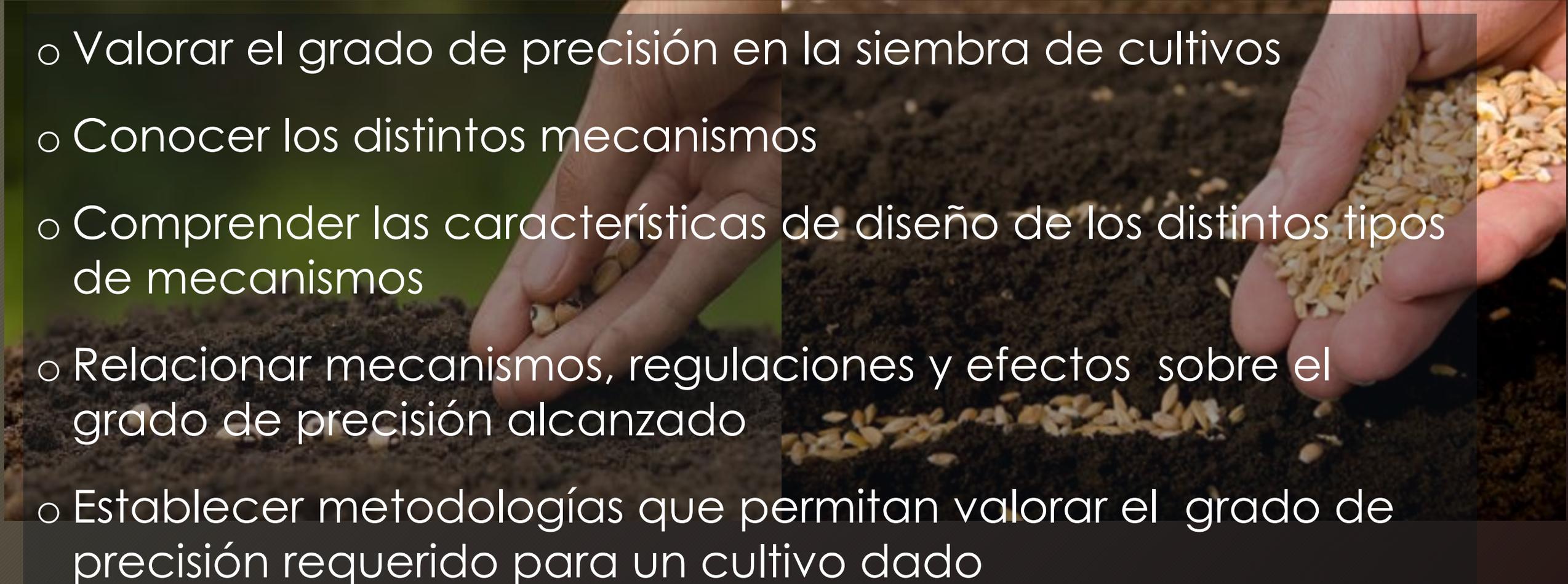
MECANIZACIÓN
FCAyF 

Siembra de Cultivos



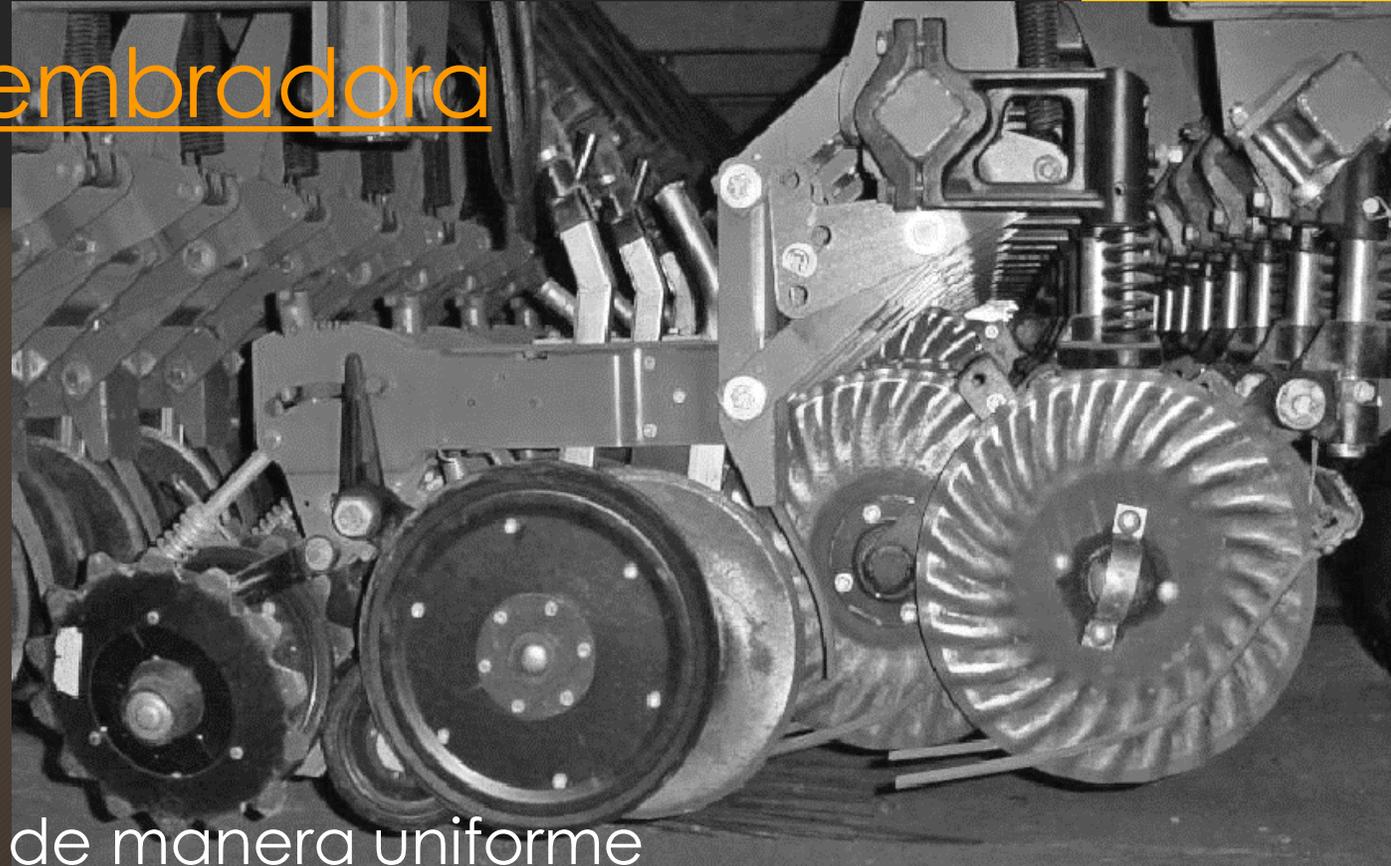
Curso de Mecanización Agraria 2025 – 4^{ta} Clase

OBJETIVOS

- Valorar el grado de precisión en la siembra de cultivos
 - Conocer los distintos mecanismos
 - Comprender las características de diseño de los distintos tipos de mecanismos
 - Relacionar mecanismos, regulaciones y efectos sobre el grado de precisión alcanzado
 - Establecer metodologías que permitan valorar el grado de precisión requerido para un cultivo dado
- 

Funciones de la sembradora

- Transportar semilla
- Cortar residuos-labrar el suelo
- Abrir un surco
- Dosificar la semilla
- Depositar la semilla
- Distribuir las semillas en el terreno de manera uniforme
- Colocar la semilla en íntimo contacto con el suelo aire y agua para favorecer la germinación
- Tapar el surco, cerrar el surco







SISTEMAS DE TRABAJO

Siembra

Corte de residuos y roturación de suelos

Apertura del surco

Conformación del surco

Dosificación de la semilla

Transporte de la semilla al surco

Contactado de semilla

Tapado de surco

Compactado del surco

Fertilización

Corte de residuos

Roturación del suelo

Apertura del suelo

Dosificación de fertilizante

Transporte de fertilizante al surco

Tapado o cierre del surco

Los sistemas tienen variaciones según la máquina sea de grano fino, grano fino/soja o grano fino y grano grueso



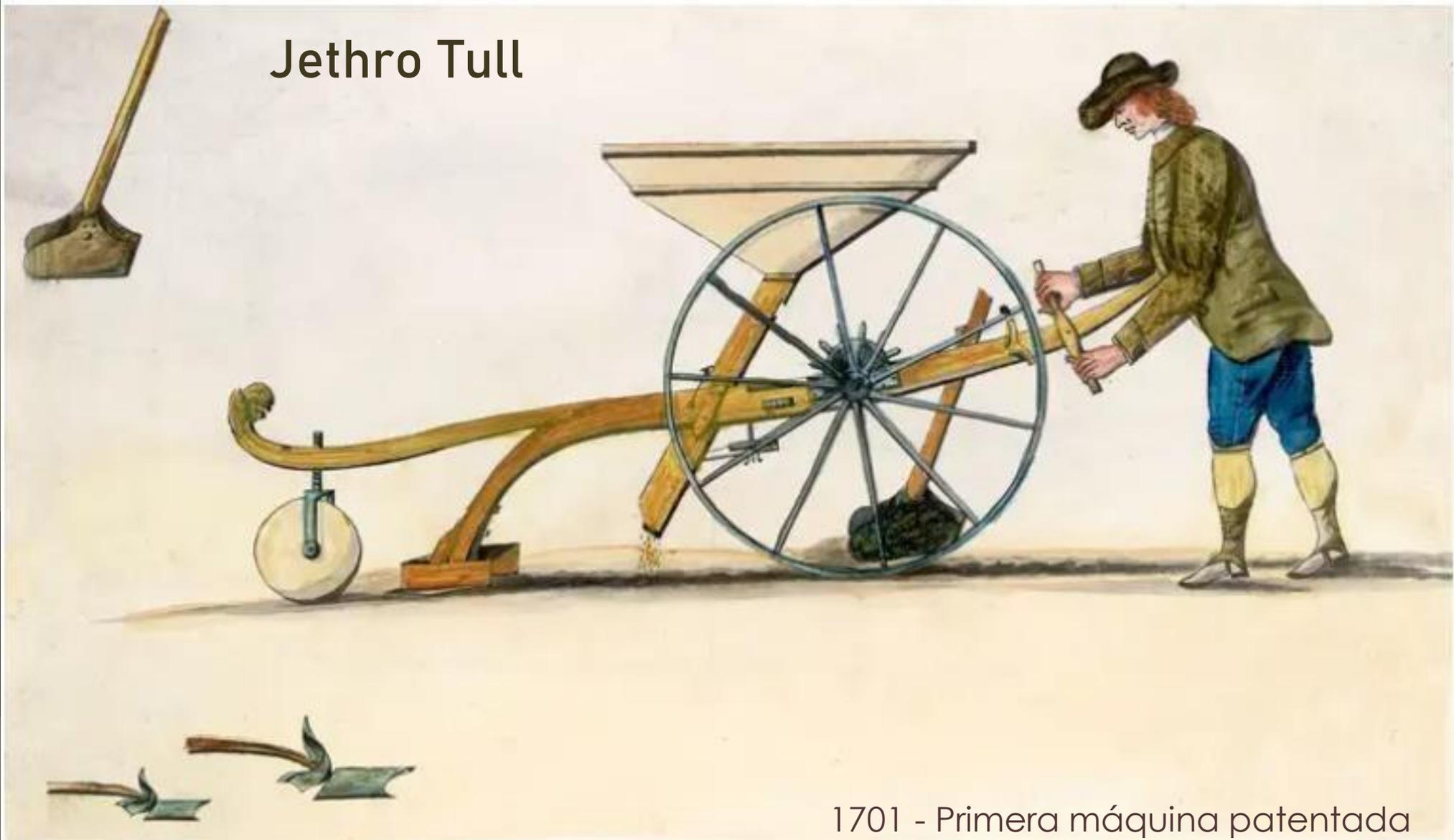
¿Qué se requiere de la máquina sembradora?

La necesidad de alcanzar un GRADO DE PRECISIÓN acorde con los requerimientos ecofisiológicos del cultivo que le permita alcanzar su MÁXIMO POTENCIAL DE RENDIMIENTO en determinadas condiciones agroclimáticas.

Las consecuencias del establecimiento del cultivo debajo del nivel óptimo de rentabilidad en la explotación incluyen

- Reducción del rendimiento
- Costos de resiembra
- Pérdidas de oportunidad de siembra
- Reducción del control de malezas
- Efectos directos e indirectos de la germinación tardía, retrasada...

Jethro Tull



1701 - Primera máquina patentada

"La Pedra"

1

2

3

4

5

6

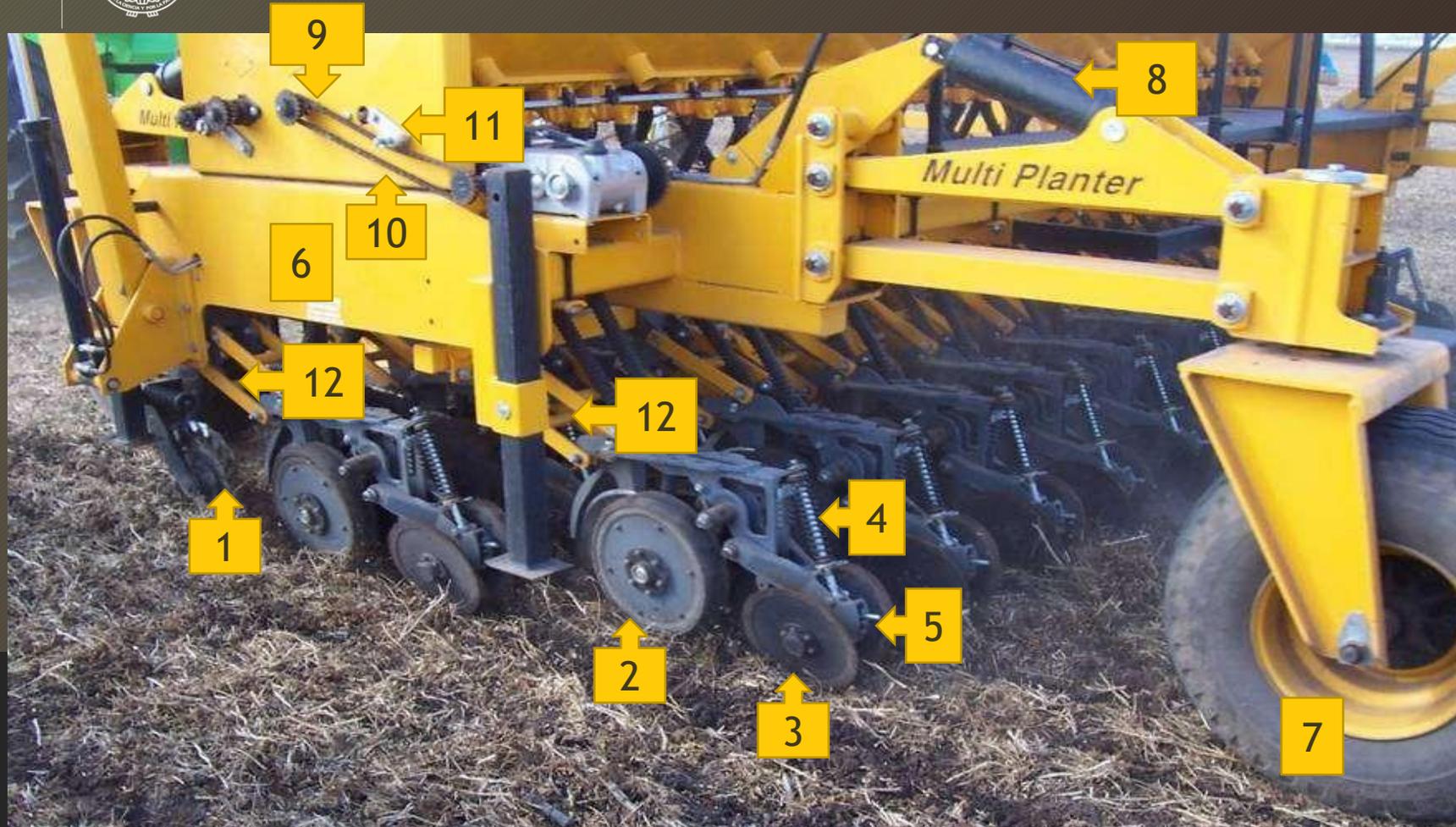
7



Facultad de
Ciencias Agrarias
y Forestales



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA



Tren de siembra con cuchillas onduladas (1), abresurco de doble disco plano con ruedas limitadoras de profundidad (2) y ruedas tapadoras, formadoras de camellón macizas (3) para tapado y cerrado del surco. Sistemas de control de las ruedas tapadoras: de la presión (4) y de la posición (5). Bastidor (6). Rueda en posición de trabajo (7).

Diferentes sembradoras...

- Según su adaptación al sistema de labranza

- Siembra directa
- Siembra convencional

- Según el tipo de cultivo que permiten implantar

- Grano fino (grano fino/soja/pasturas)
- Grano grueso
- Grano fino y grano grueso

- Según su estructura

- Convencionales
- Autotransportadas (Autotrailer)
- Con tolva central, independiente o no de la estructura de soporte del tren de siembra (Con asistencia para el transporte de la semilla (Air drill))

- Según sus mecanismos abresurcos

- Monodisco
- Doble disco
- Triple disco (cuchilla y doble disco)
- Reja o cuchilla circular y reja

- Según el sistema de dosificación

- Mecánicos
- Neumáticos



- Los sistemas de labranza han evolucionado hacia alternativas de menor roturación
- Las condiciones de la cama de siembra han sido identificadas como una de las principales causas de las inconsistencias en el rendimiento del maíz en siembra directa
- La SD se caracteriza por:
 - Presencia de residuos superficiales
 - Desuniformidad en la distribución de residuos
 - Mayor humedad
 - Reducción en la distancia entre líneas en algunos cultivos y regiones
 - Riesgos de atoraduras
 - Menor temperatura del suelo



Sembradoras de GRANO FINO vs MONOGRANO

Grano Fino

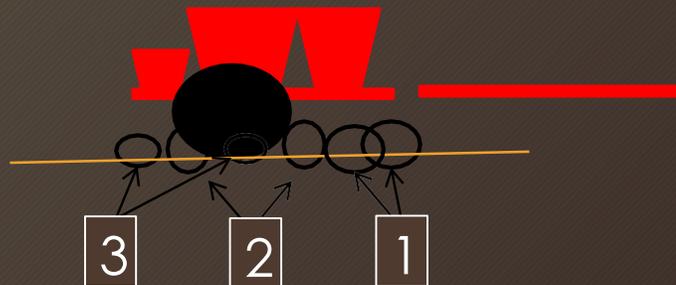
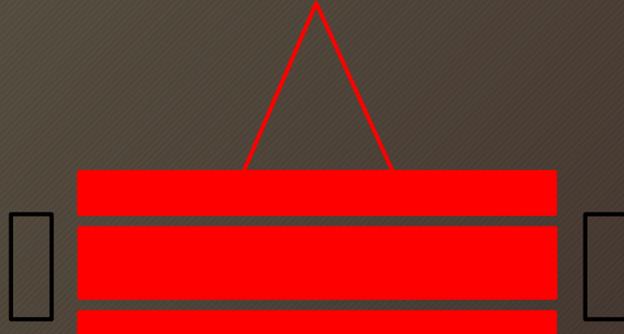
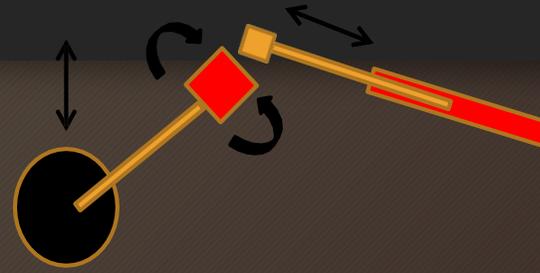
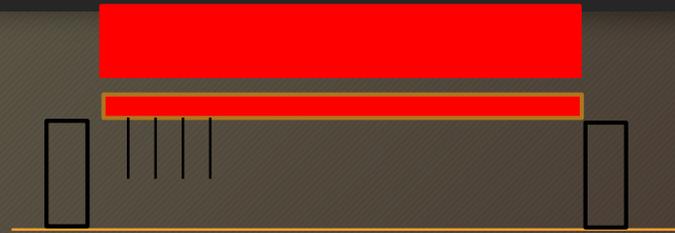
- Los dosificadores se ubican en una tolva común en la base de la misma.
- Se utilizan dosificadores de baja precisión aptos para siembras masales

Monograno

- Siempre se encontrará cercana al abresurco una tolva individual encargada de la dosificación grano por grano.
- Suelen tener una tolva similar a las de grano fino para aumentar la capacidad de transporte de semillas



CONVENCIONALES → SD



- 1 - cuchillas de corte y roturación
- 2 - abresurco
- 3 - Tapadoras



Máquinas
con varios
módulos de
siembra



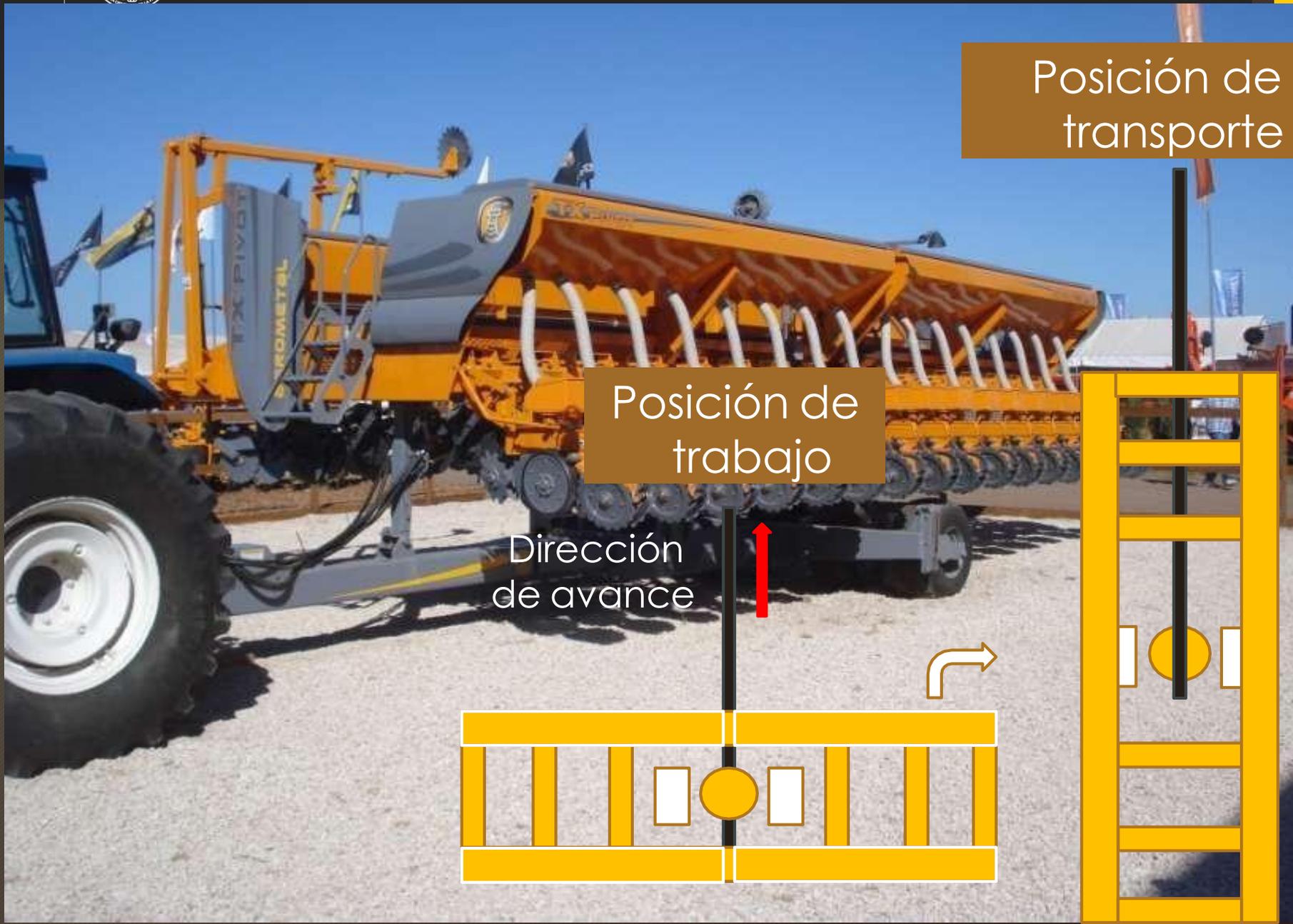


TIRO DE PUNTA





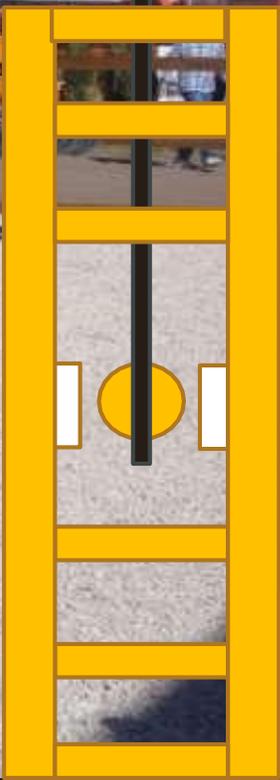
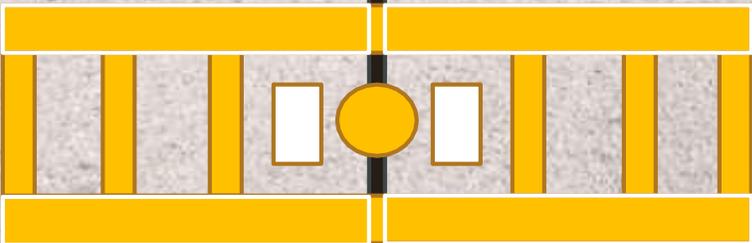
AUTOTRAILER



Posición de
transporte

Posición de
trabajo

Dirección
de avance



AIR DRILL









Facultad de
Ciencias Agrarias
y Forestales



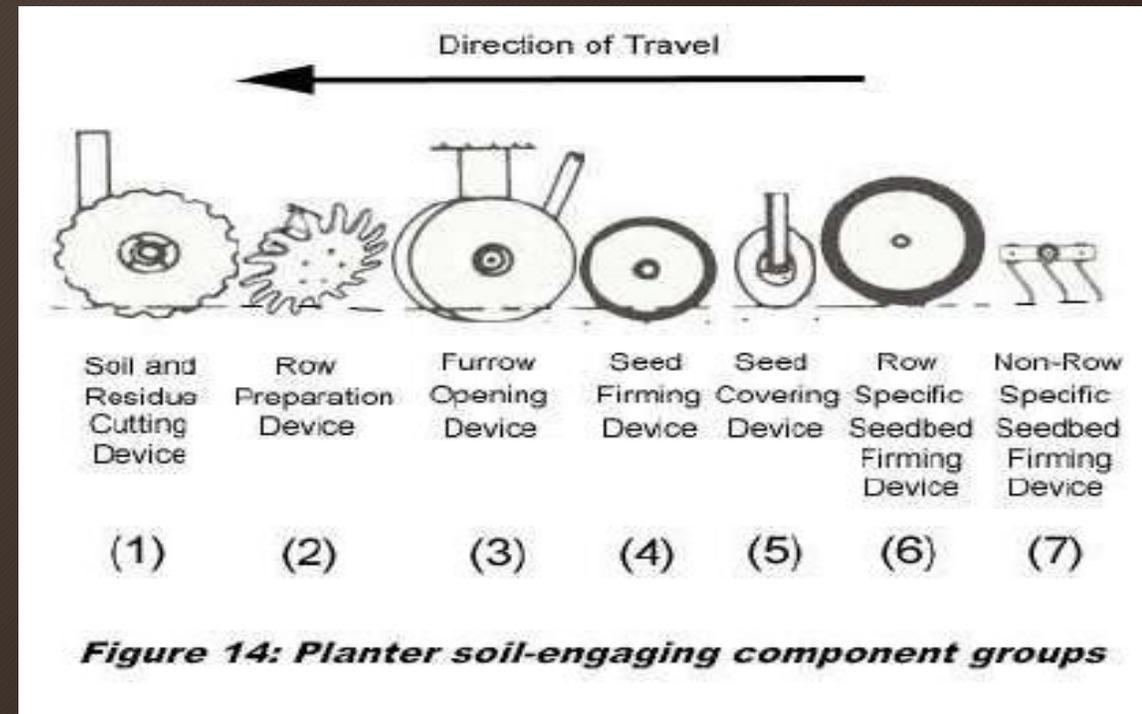
UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

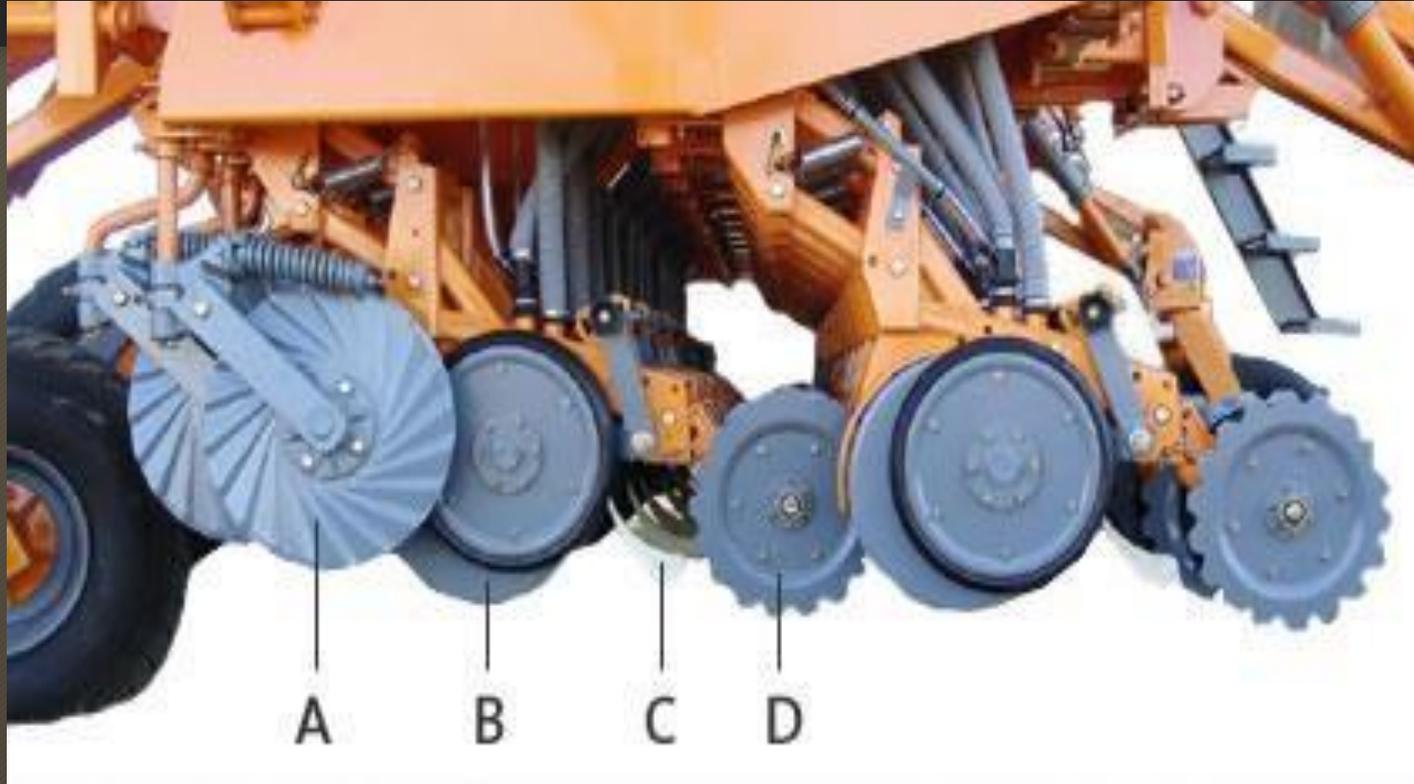
MECANIZACIÓN
FCAyF



TREN DE SIEMBRA

1. Corte de suelo y residuos
2. Preparación de la línea de siembra
3. Apertura de surco
4. Asentamiento de la semilla
5. Cobertura de la semilla
6. Asentamiento de la cama de siembra en la línea
7. Asentamiento general del suelo





?

?

?

?

CUCHILLAS DE CORTE Y REMOCIÓN

La eficiencia de las cuchillas varía en función de

- ➔ Condiciones del suelo y del residuo
 - Tipo estado mecánico del suelo y de suelo
 - Humedad
 - Propiedades mecánicas del residuo a ser cortado
- ➔ Aspectos de diseño de la cuchilla
 - Diámetro
 - Filo
 - Espesor
 - Forma
- ➔ Aspectos operativos
 - Profundidad de labor
 - Velocidad de avance

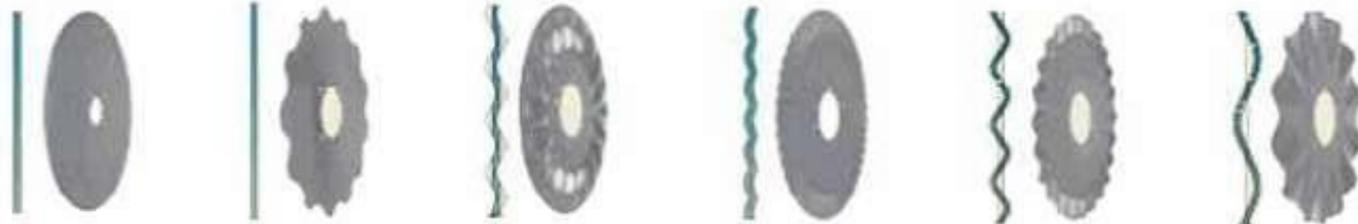


Mecanismos de corte de residuos y roturación del suelo



Plain Disc Coulter Notched Disc Coulter Bubble Disc Coulter Ripple Disc Coulter Fluted Disc Coulter Wavee Disc Coulter Turbo Disc Coulter

Plana Escotada Inflada Ondulada Estriada Ondeada Turbo



Plain Notched Bubble Ripple Fluted Wavee
Planas Escotadas Inflada Ondulada Estriada Ondeada



Cuchilla lisa u ondulada

- Las cuchillas pueden ir tomadas al chasis o al cuerpo sembrador
- Las cuchillas deben cortar el rastrojo y remover el suelo
- Se debe evitar el enterrado del rastrojo
- Las altas velocidades sacan demasiados terrones y tierra de la línea de siembra





Cuchilla tomada al cuerpo de siembra





Facultad de
Ciencias Agrarias
y Forestales



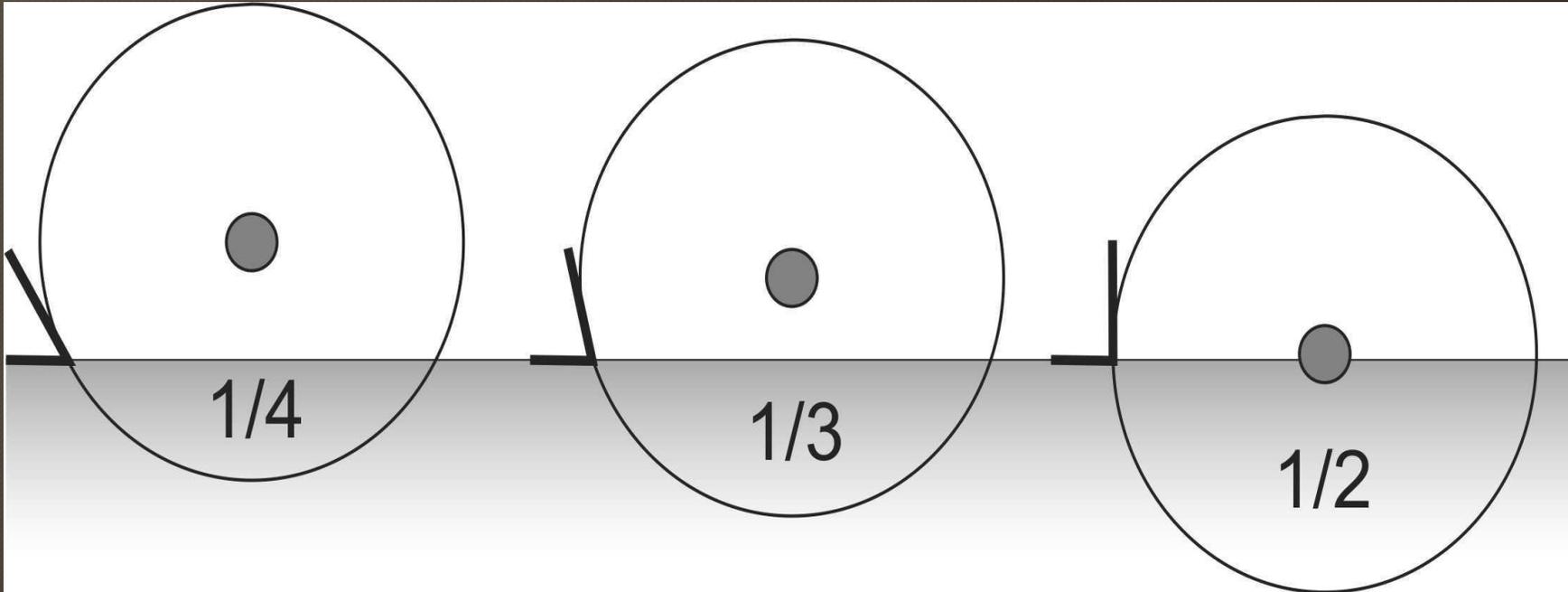
UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

Cuchilla tomada al chasis

MECANIZACIÓN
FCAyF



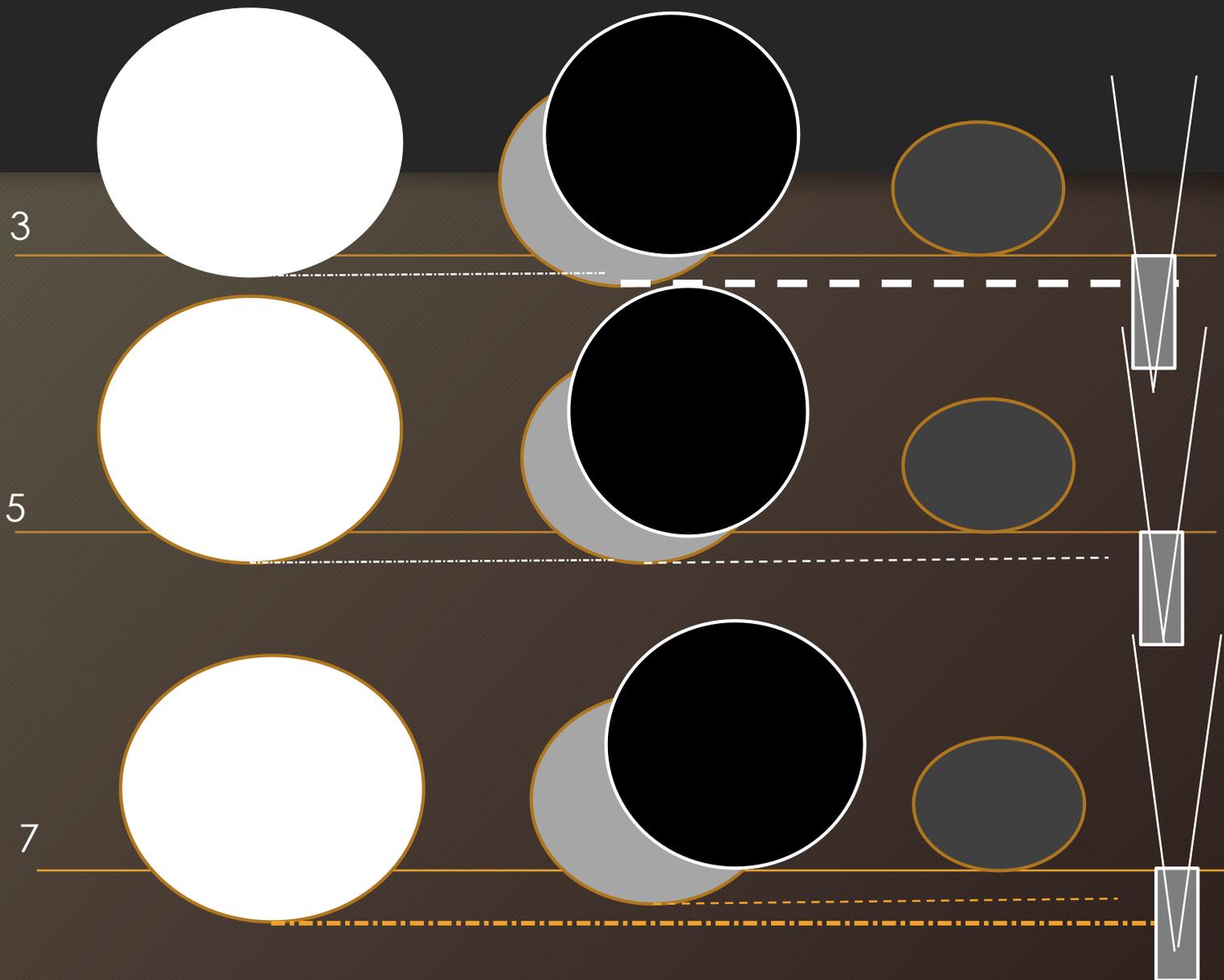
Corte de residuos



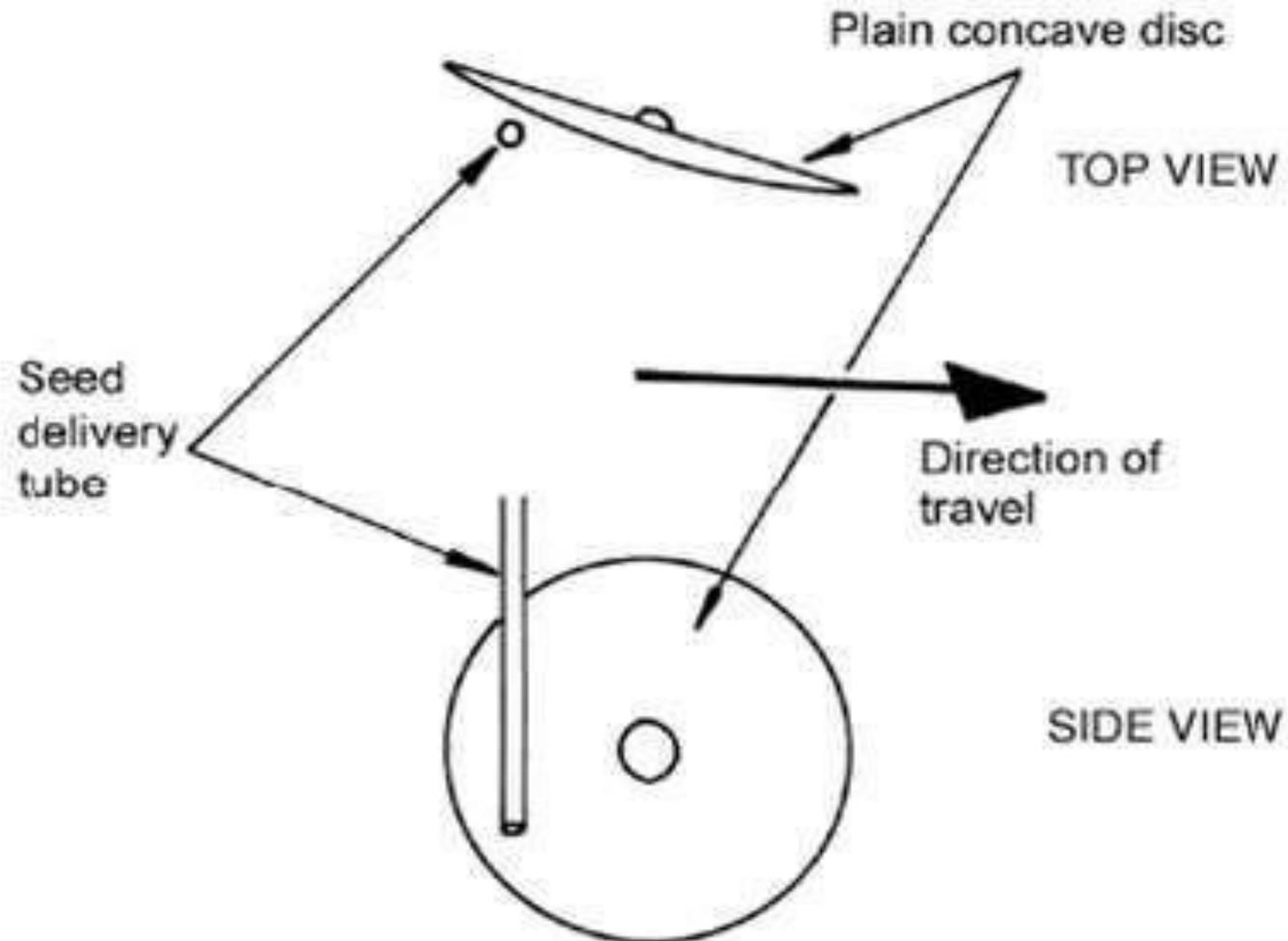




Cuchilla ondulada tangencial con fleje para evitar la elevación de los agregados



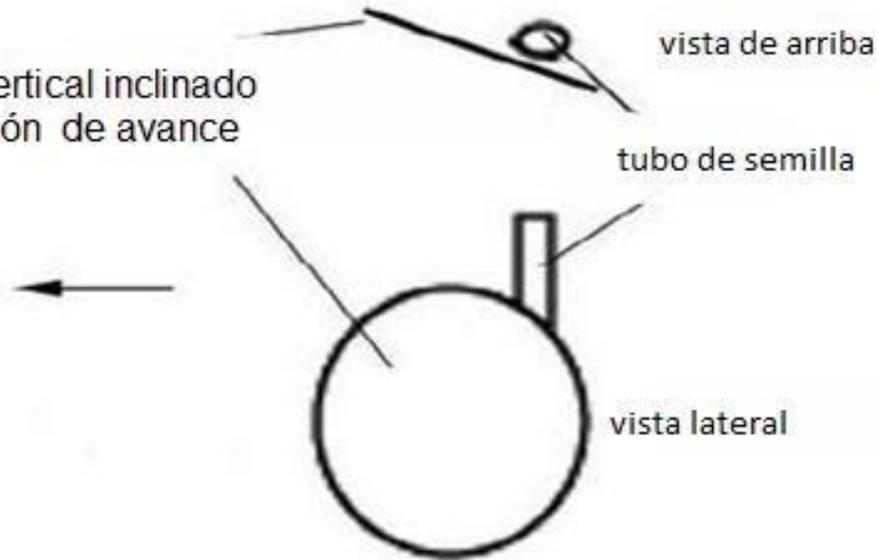
Abresurco de casquete



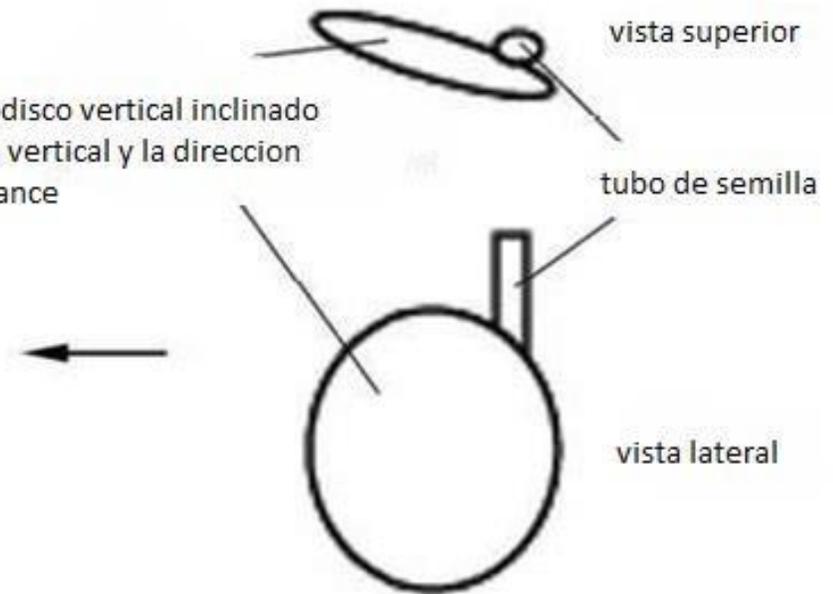


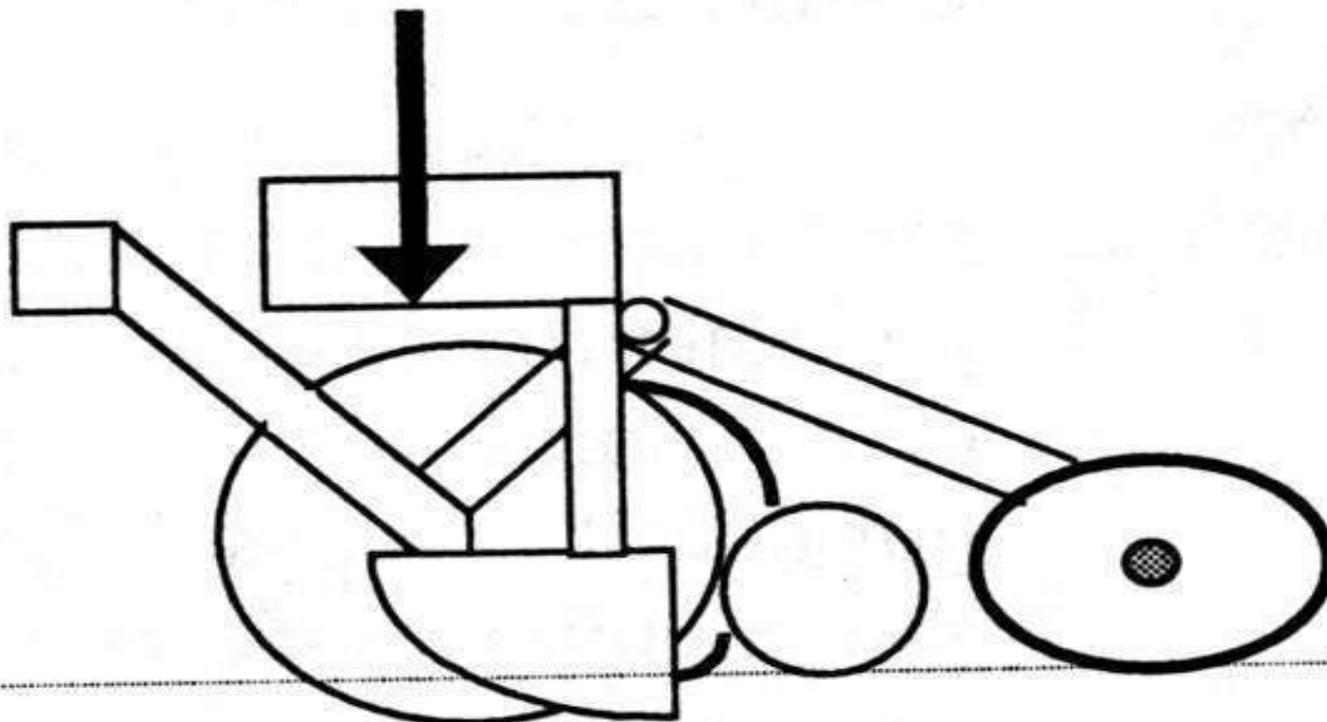
Abresurco de Monodisco

Monodisco vertical inclinado
con la dirección de avance



Monodisco vertical inclinado
con la vertical y la dirección
de avance





Monodisco con zapata.



Cerrado de surco

Doble o simple rueda dentada
de acero al boro.



Pisagranos

Afirmador de plástico, ideal
para suelos pegajosos

Cuchilla de siembra

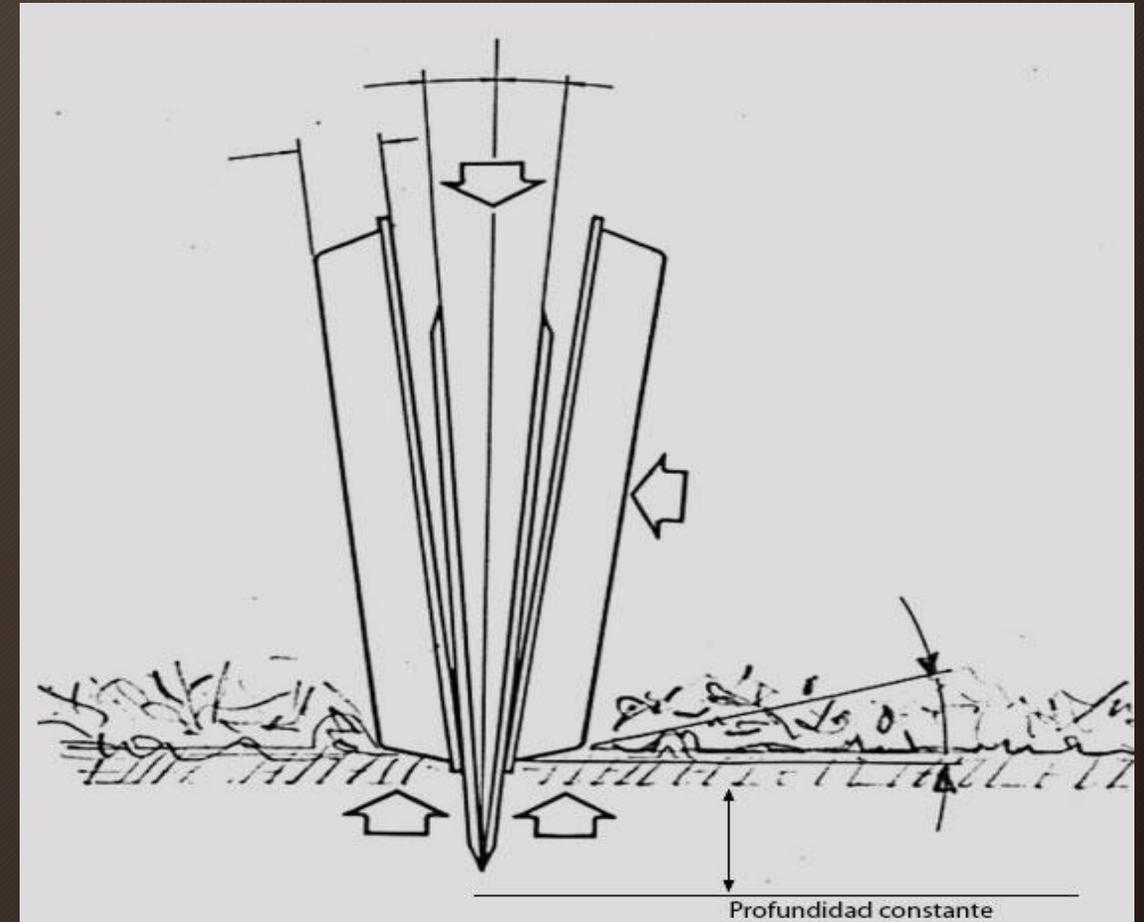
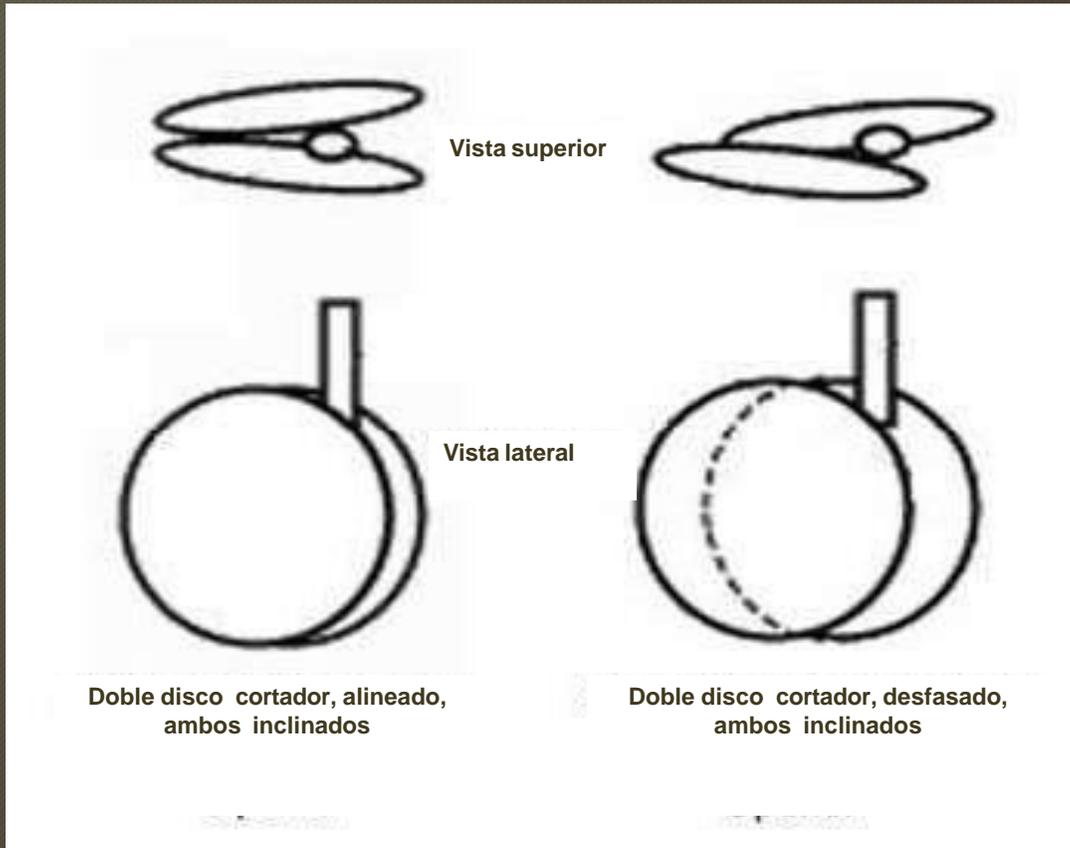
18" x 6 mm, acero al boro 75 Rw
C, inclinación 7°







Abresurco de Doble disco inclinados





Facultad de
Ciencias Agrarias
y Forestales



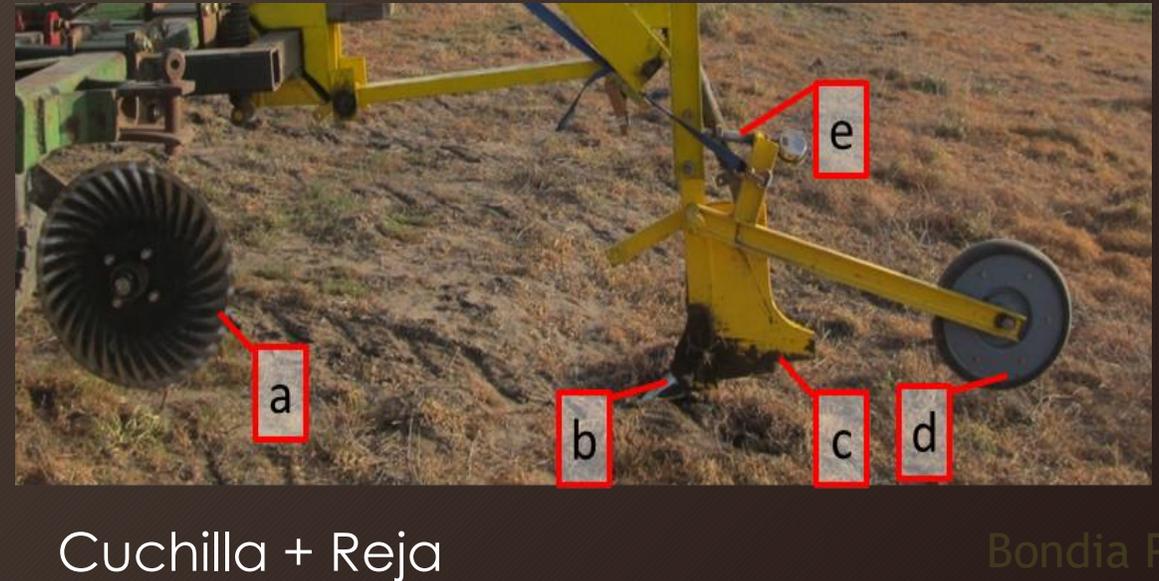
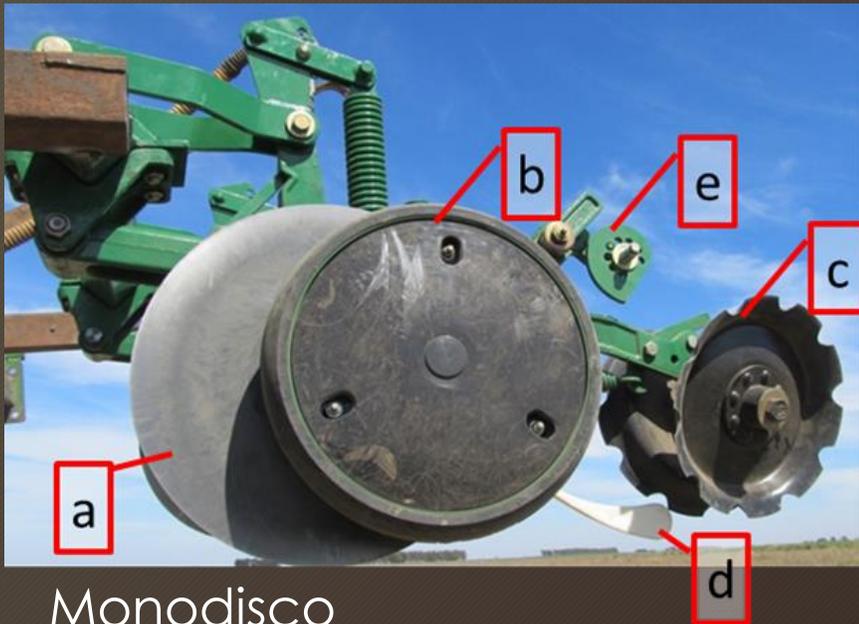
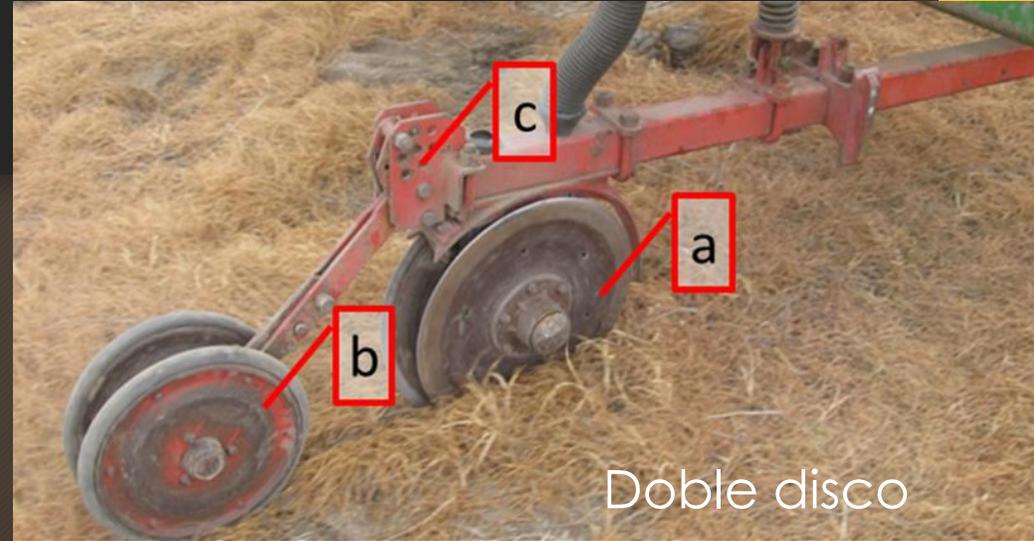
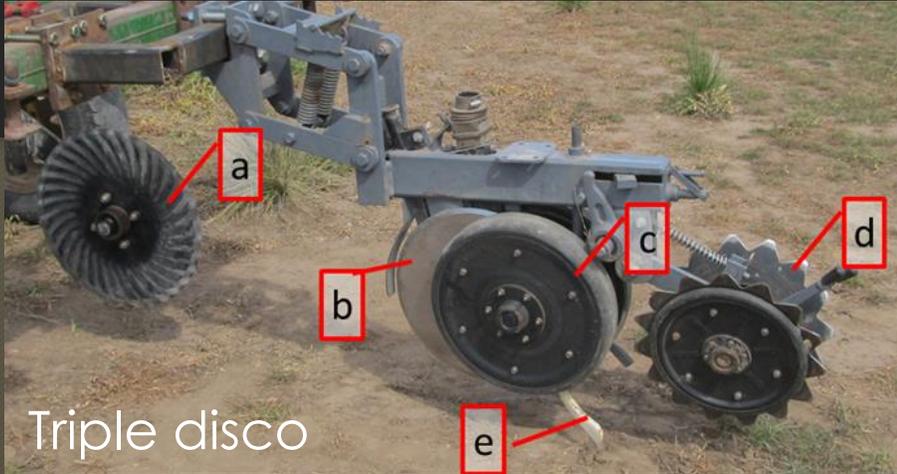
UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

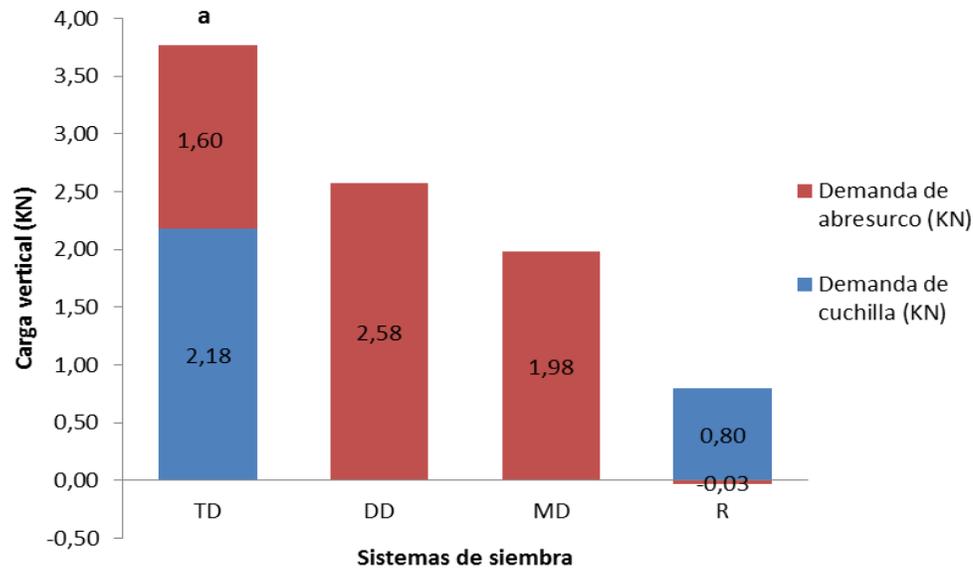
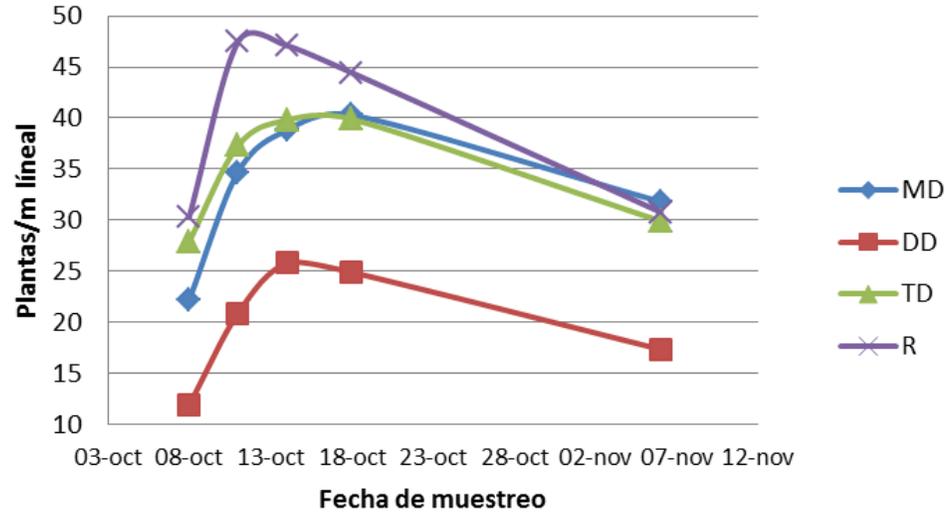


MECANIZACIÓN
FCAyF

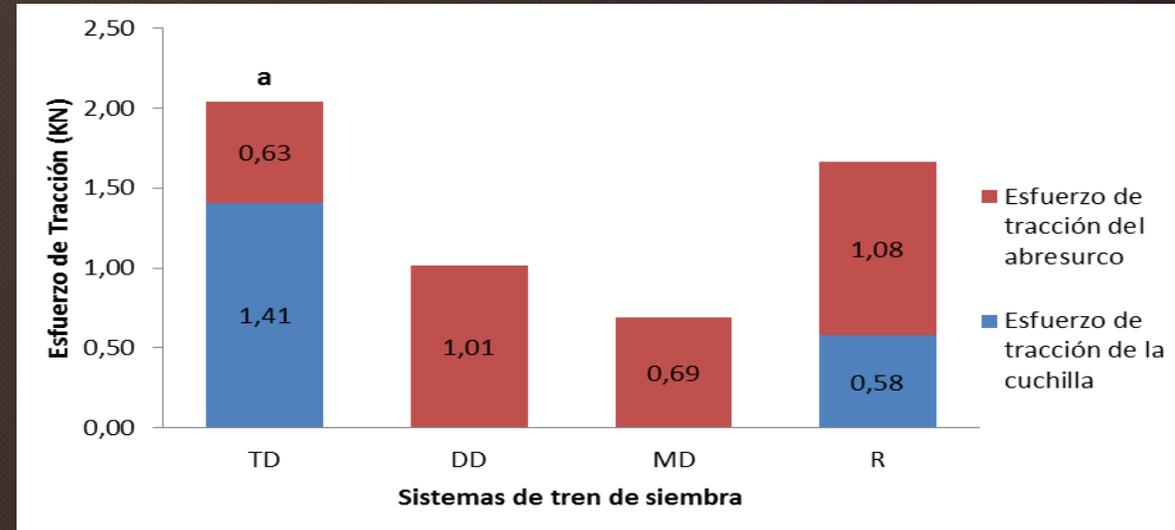


ENSAYO...



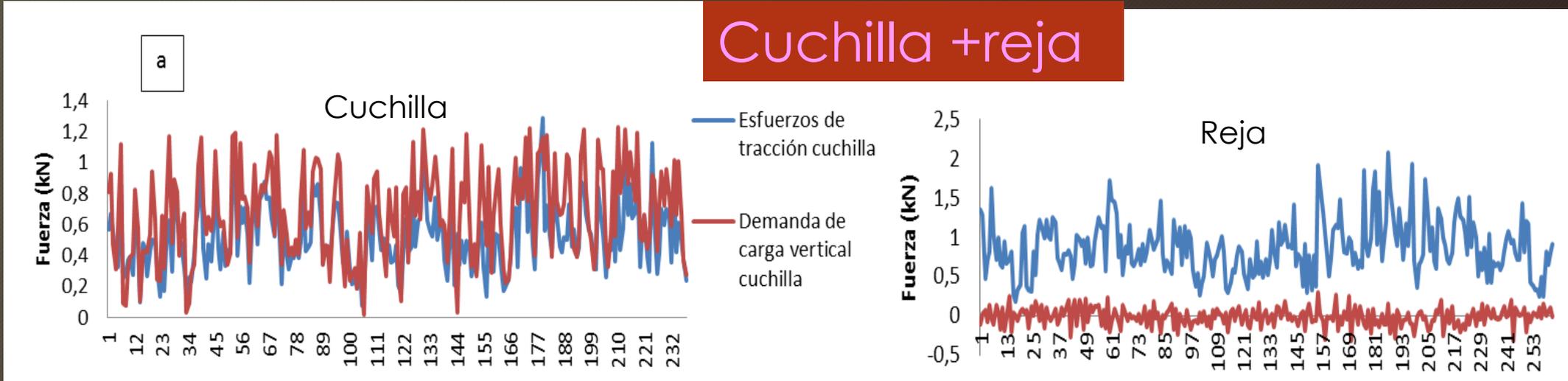
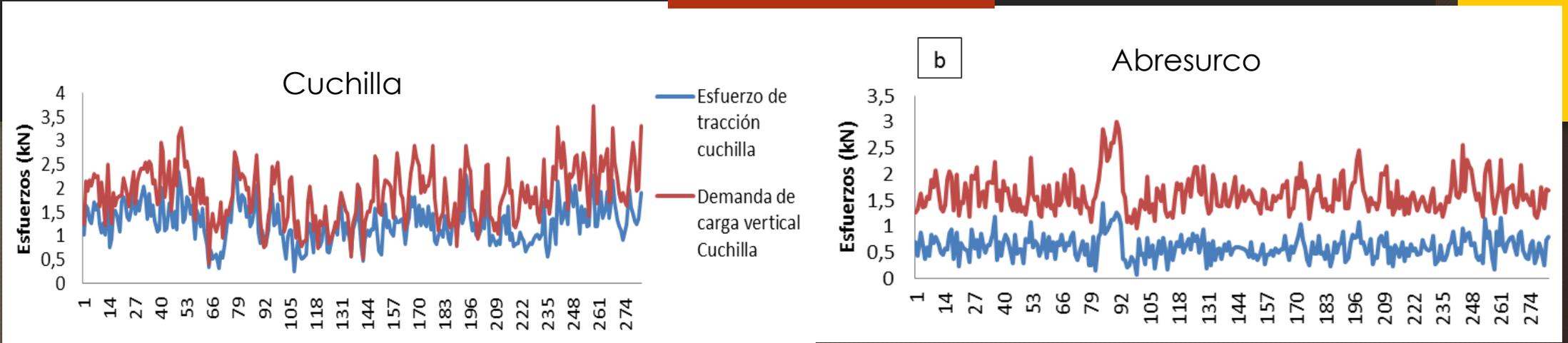


	Promedio (cm)	Promedio (cm)	Desvío
Triple disco	5,32 a	5,32 a	0,33
Doble disco	4,93 a	5,73 a	0,79
Monodisco	4,59 a	4,59 a	0,70
Reja	11,66 b	6,66 a	0,85





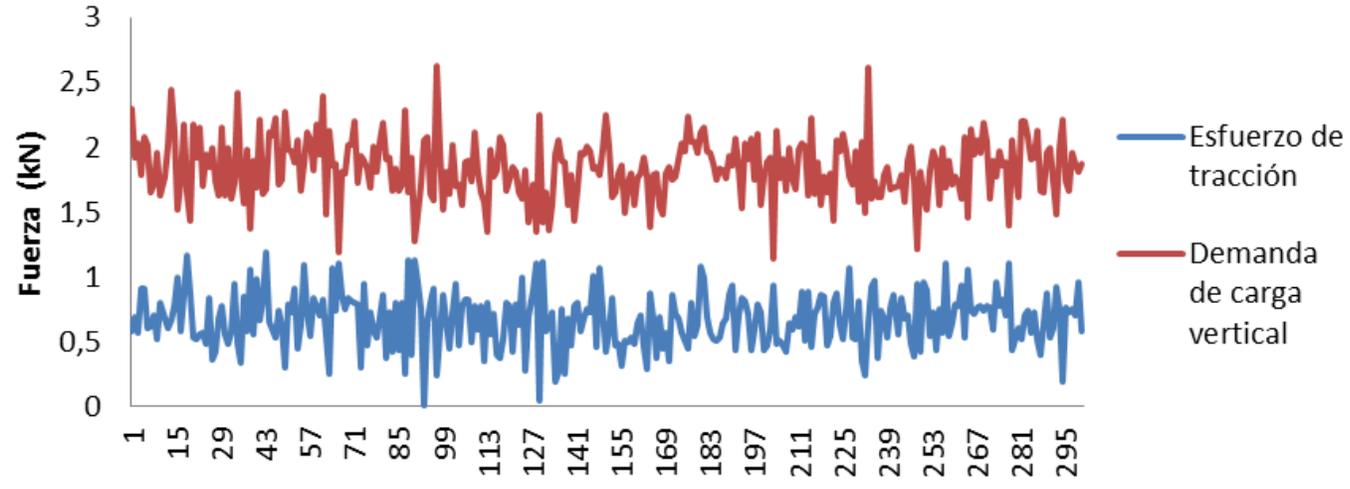
Triple disco



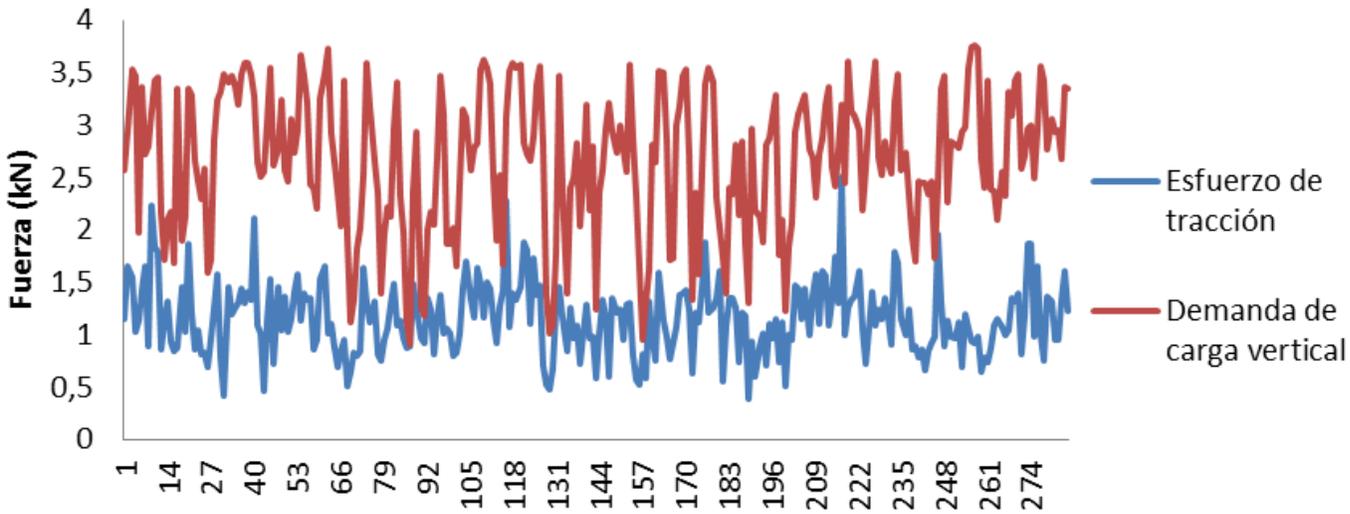
Cuchilla +reja



Monodisco



Doble disco

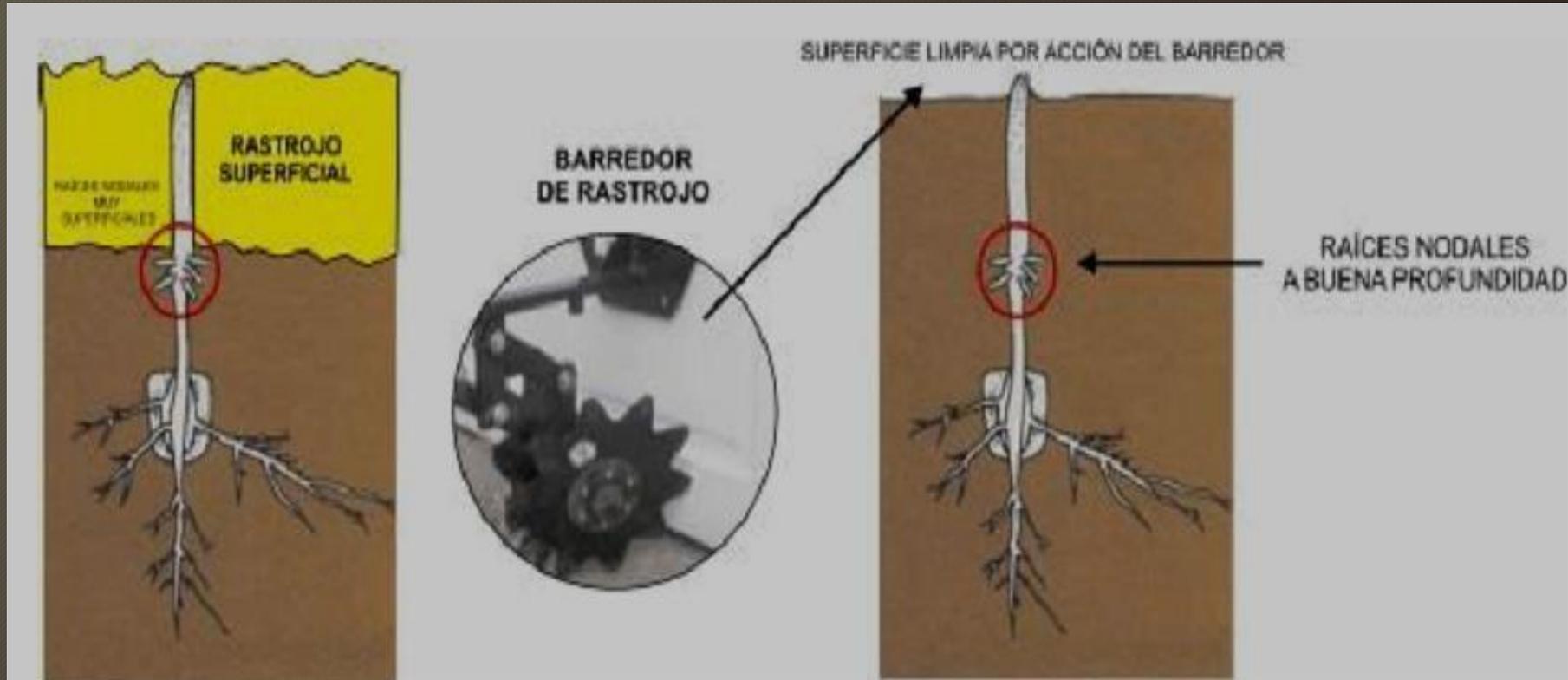




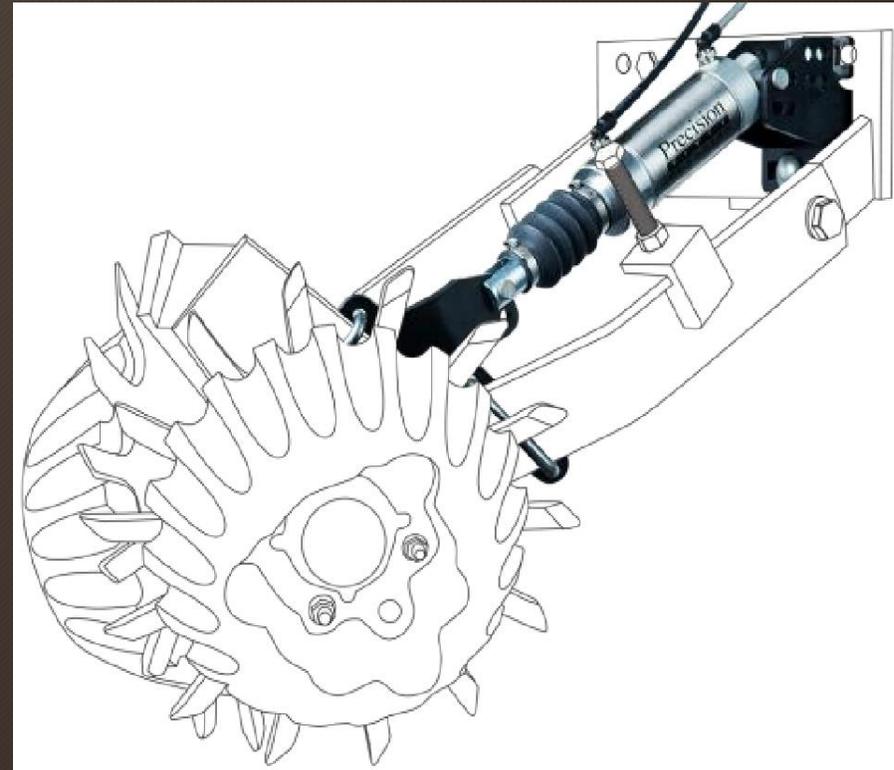
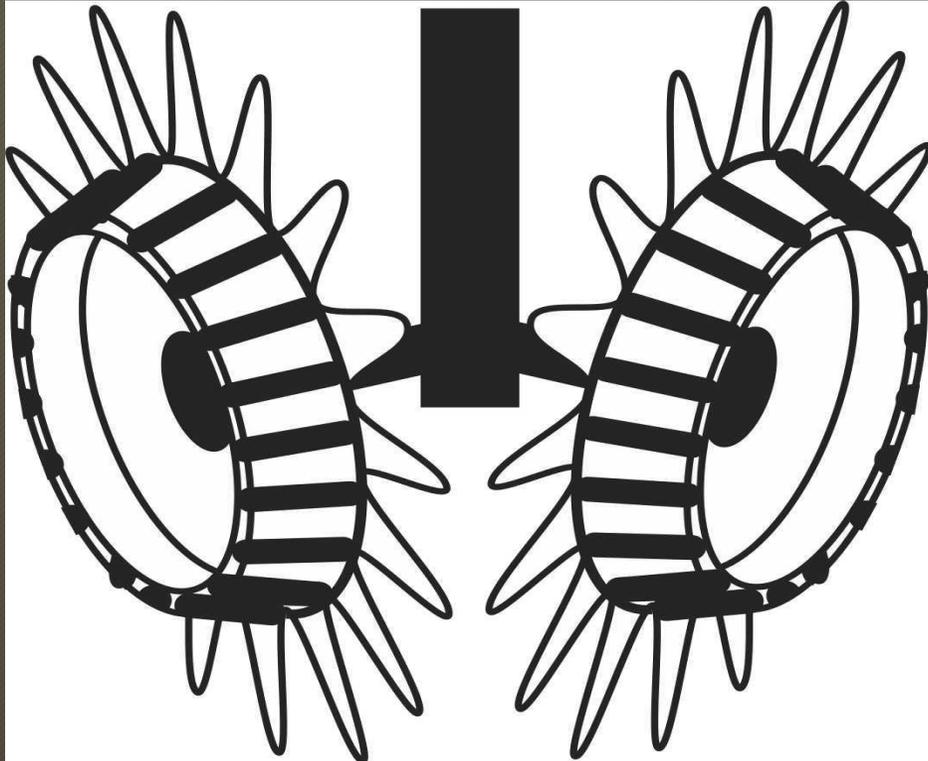
BARRIDO DE LOS RESIDUOS

OBJETIVOS de trabajo de los barredores

- Correr los residuos remanentes que puedan molestar al abresurco
- Correr los residuos del lugar de trabajo del sistema de copiado del terreno (ruedas limitadoras)
- Favorecer un mayor calentamiento del suelo en la línea del cultivo

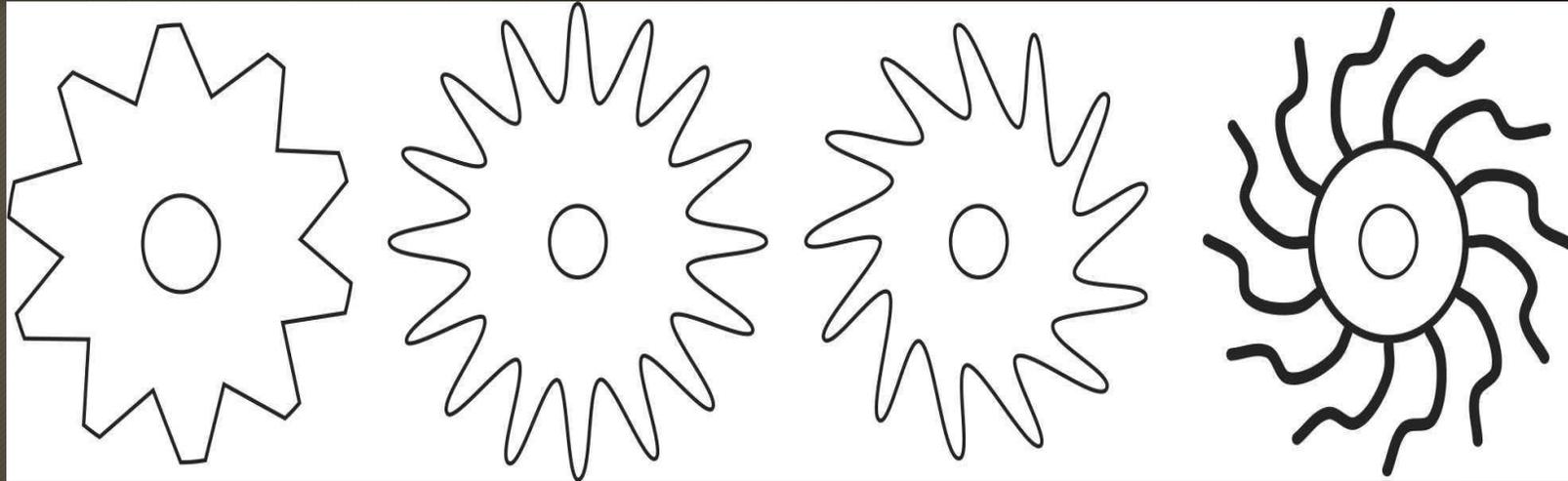


Barredores con ruedas limitadoras





Diferentes tipos de barredores





Control del sistema abresurco





Sistemas alternativos de carga de los abresurcos





Delta force → Cilindros hidráulicos + celdas de carga



DeltaForce reemplaza los resortes o pulmones de aire en su sembradora actual con cilindros hidráulicos y celdas de carga que miden la cantidad de peso que se ejerce en las ruedas limitadoras de profundidad de cada surco y lo mantienen constante.



Velocidad de Siembra km/h	Copiado	Cantidad de muestras	Profundidad promedio (mm)	D.E.	CV	Mín	Máx
6	Resorte	150	42.76	6.64	15.5	23.87	60.25
	Pulmón	99	42.77	4.48	10.5	32.18	53.48
9	Resorte	90	42.8	7.2	16.8	20.22	70.1
	Pulmón	80	42.1	5.1	12.1	30.65	55.88



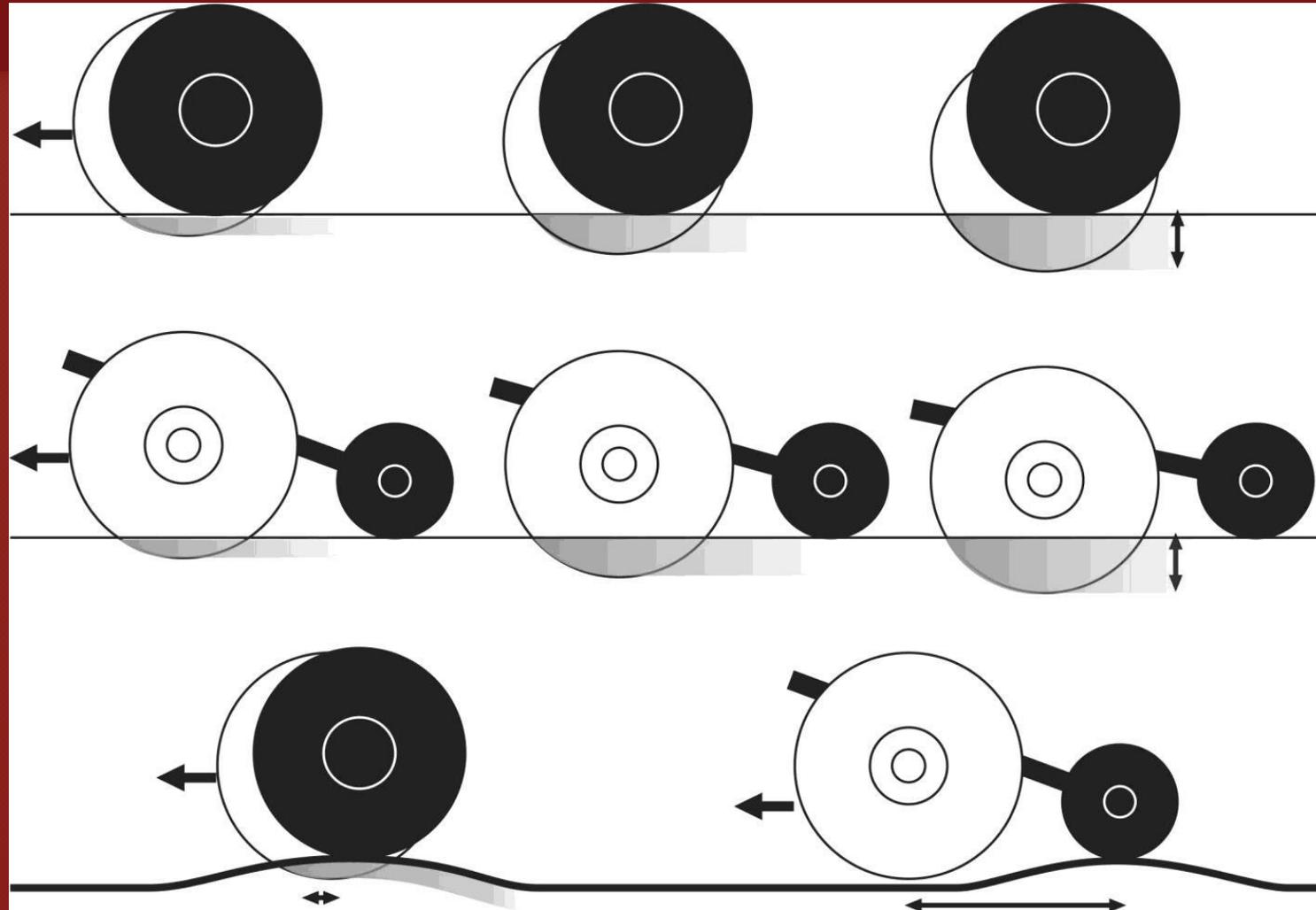
Profundidad Programada	Copiado	Cantidad de datos	mm			
			Promedio de Profundidad (mm)	Uniformidad en la profundidad de siembra (D.E.)	Mín.	Máx.
6 cm	Amortiguador	180	52.9	3.9	44.4	58.5
	Resorte	200	51.2	10.0	32.0	70.0
3 cm	Amortiguador	165	25.4	7.6	10.9	41.2
	Resorte	164	31.5	9.2	8.0	54.0

Tabla 1: Estadística descriptiva de la uniformidad en la profundidad de siembra en función del copiado con resorte tradicional y con amortiguador con carga constante, en función de la profundidad programada.





Control de profundidad





LIMITADORAS DE PROFUNDIDAD



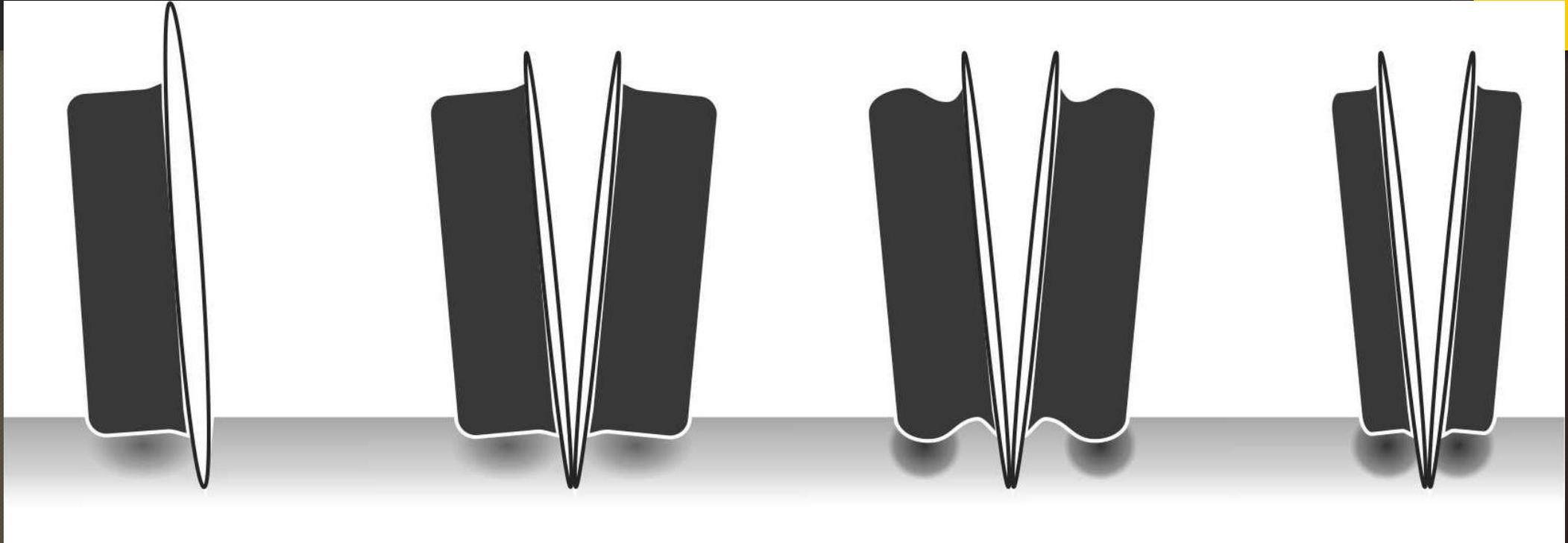


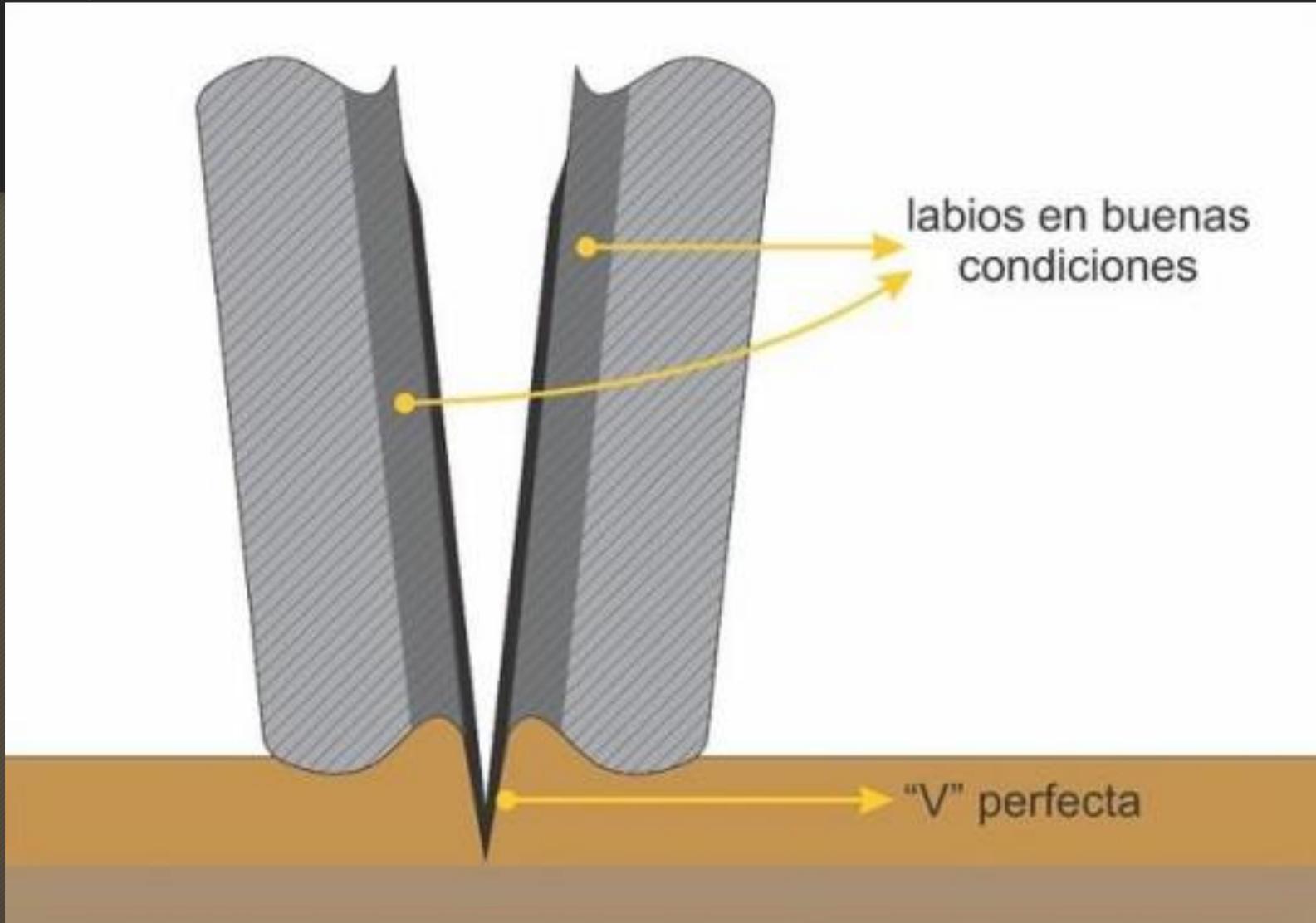
Facultad de
Ciencias Agrarias
y Forestales



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

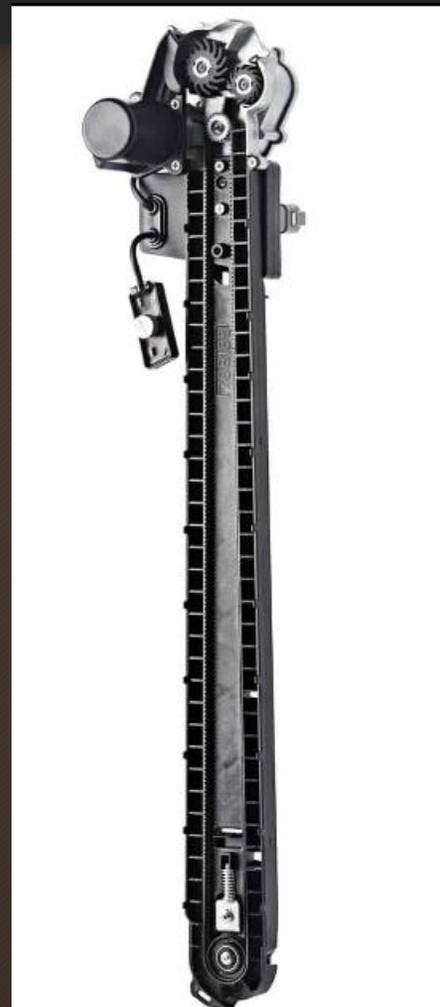
MECANIZACIÓN
FCAyF







TUBOS de BAJADA





Afirmado de la semilla





CONTACTADORAS





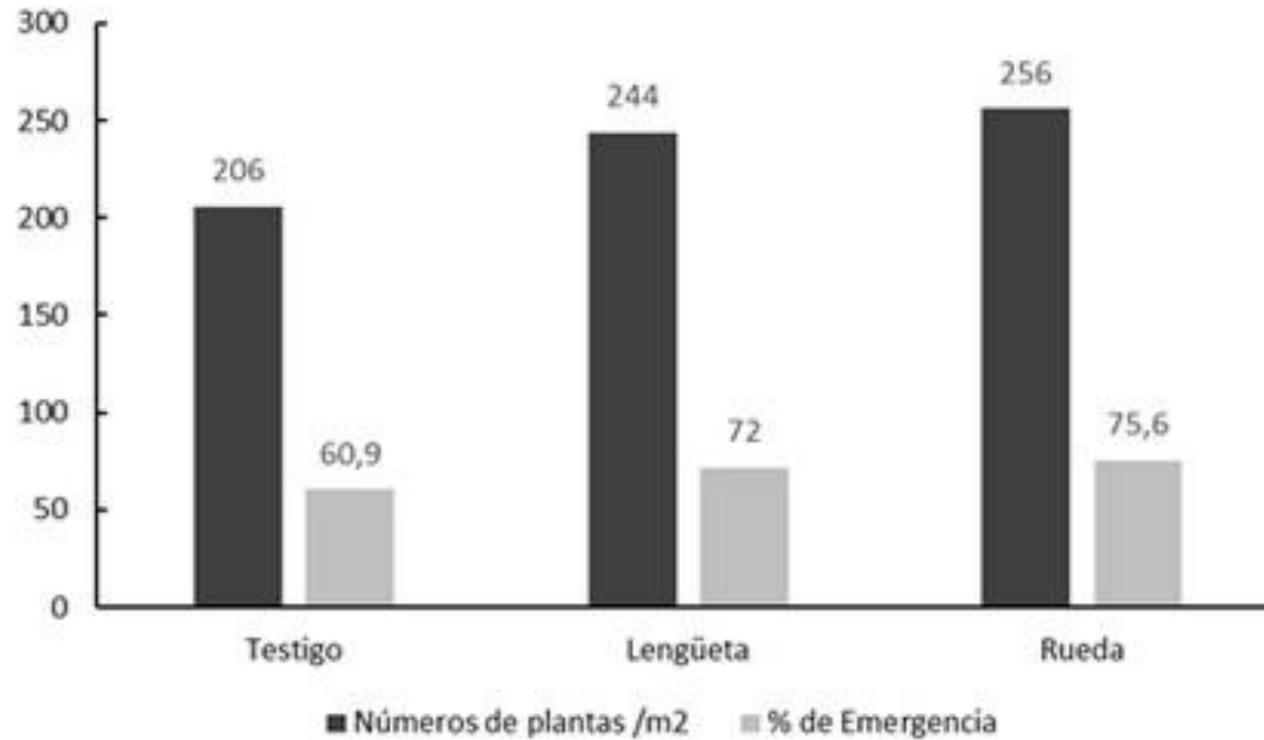
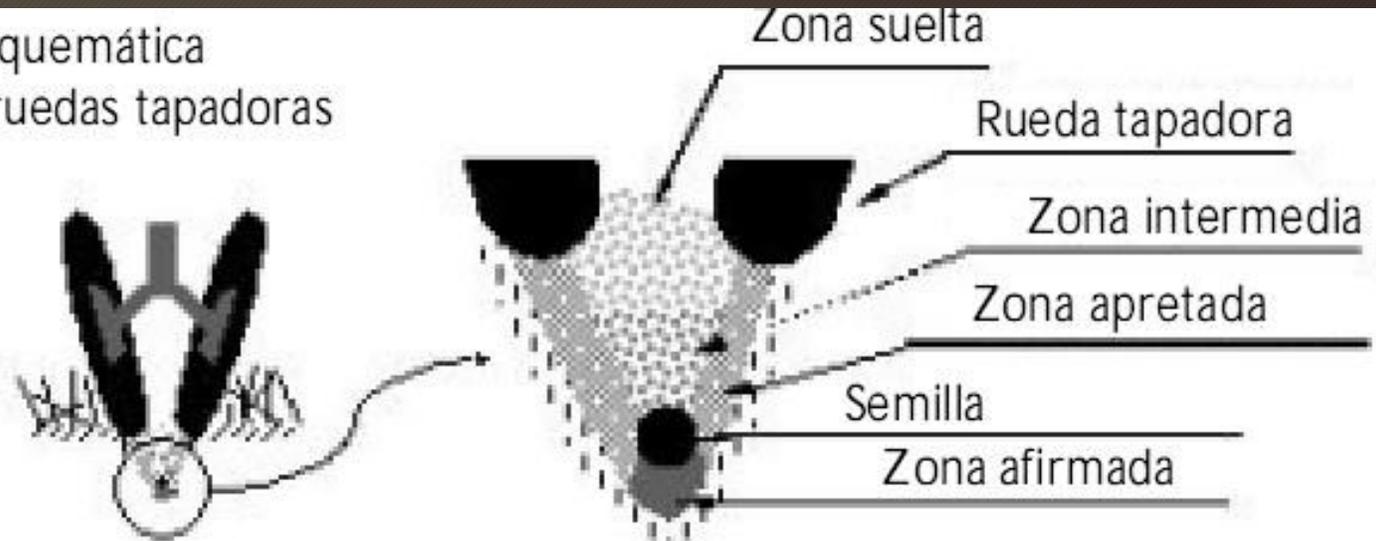


Figura 2. Efecto de distintos órganos fijadores de semilla en el fondo de la hilera de siembra: testigo sin órgano fijador, lengüeta plástica fijadora y rueda apretadora de semillas, sobre el número y porcentaje de plantas emergidas, para siembra de trigo en la Manfredi, Córdoba.

TAPADORAS

Representación esquemática
del trabajo de las ruedas tapadoras
de surco



Tensión
Angulación





DOSIFICADORES



MECANISMOS DISTRIBUIDORES

➔ Chorrillo

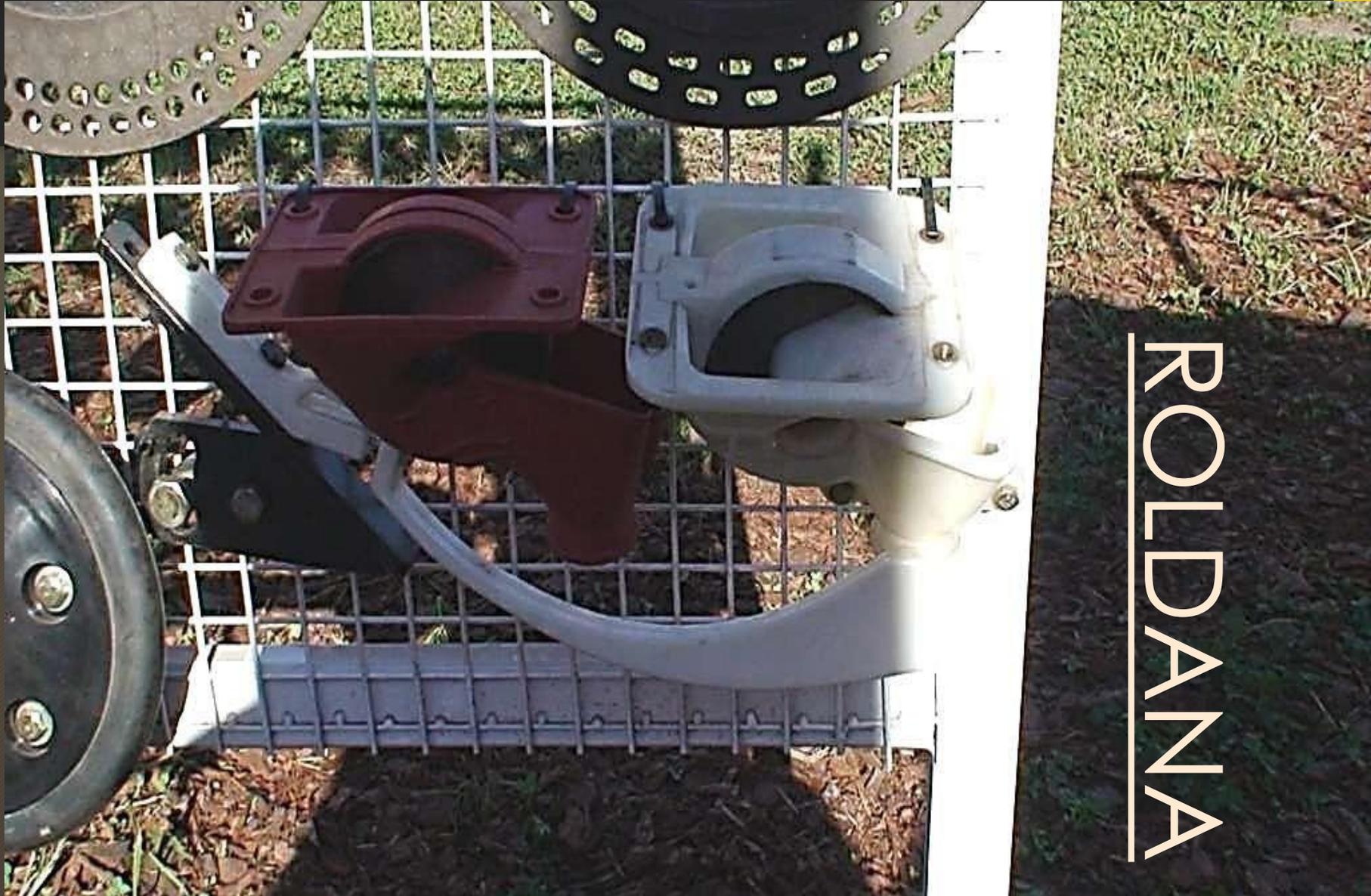
- Mecánicos
 - Roldana
 - Roldana con centro desplazable
 - Rodillo acanalado (rotor externo)
 - Chevrón
 - De dientes
 - De tornillo sin fin
- Con Asistencia neumática
 - Dosificación mecánica y transporte neumático



Facultad de
Ciencias Agrarias
y Forestales



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA



ROLDANA



Facultad de
Ciencias Agrarias
y Forestales



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA



ROLDANA



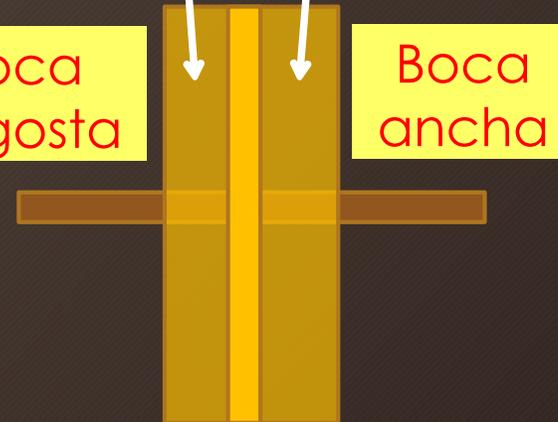
Tapas de boca



Ingresos de semilla

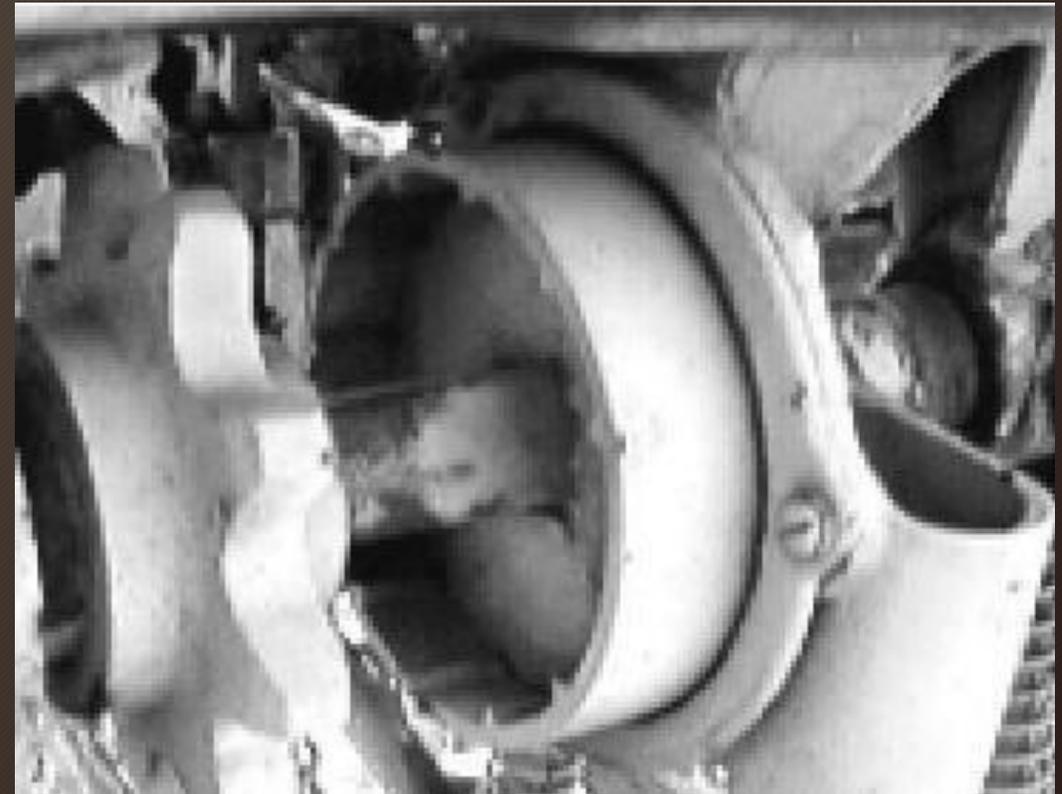
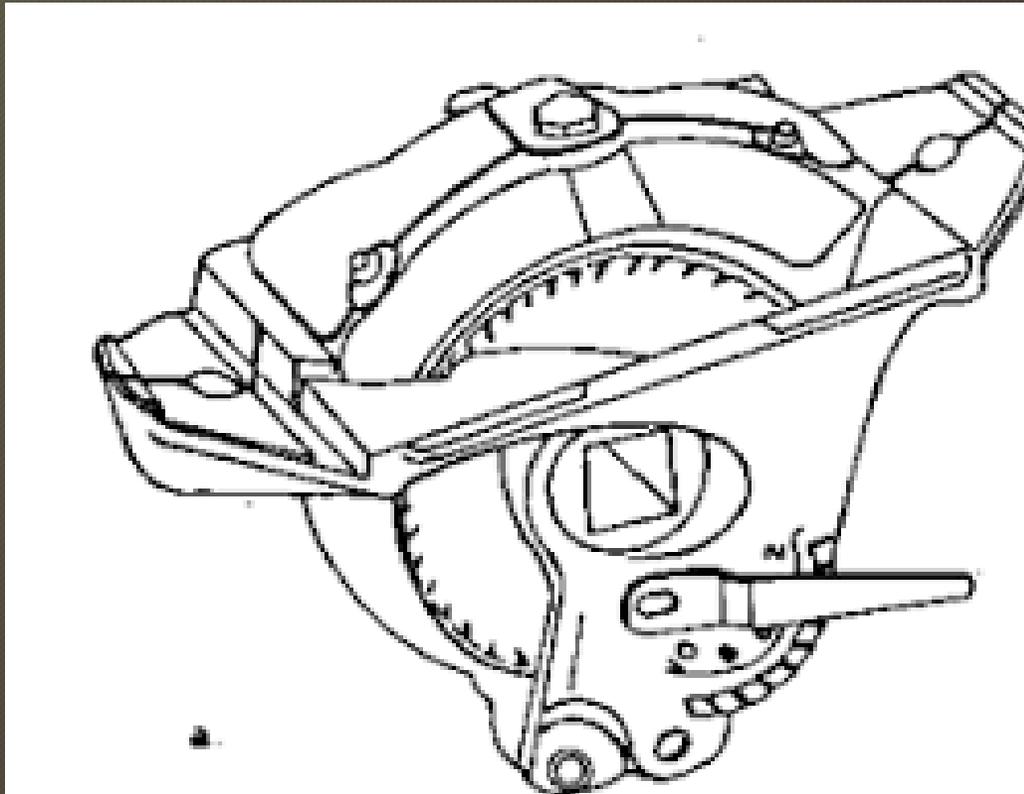
Boca angosta

Boca ancha





ROLDANA CON CENTRO DESPLAZABLE



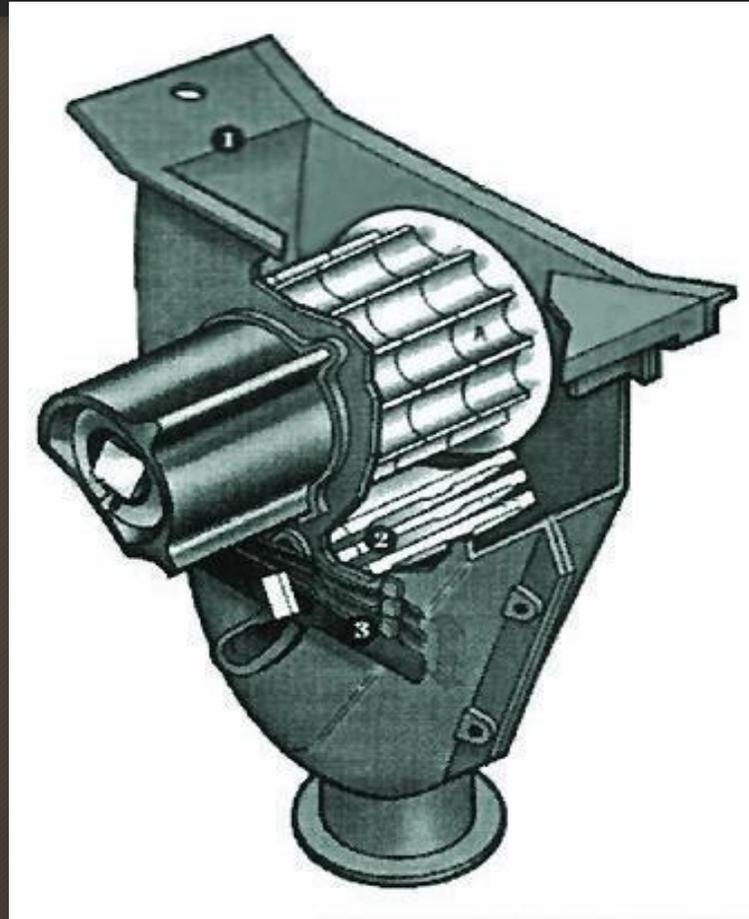


RODILLO ACANALADO RECTO





RODILLO ACANALADO





RODILLO ACANALADO HELICOIDAL





CHEVRÓN







PLACA VERTICAL ALVEOLADA INTERNA





Dosificadores

ROLDANA



RODILLO
ACANALADO



SIEMBRA
MONOGRANO



Laboratory measurement of seed drill seed spacing and velocity of fall of seeds using high-speed camera system

D. Karayel^{a,*}, M. Wieschoff^b, A. Özmerzi^a, J. Müller^b

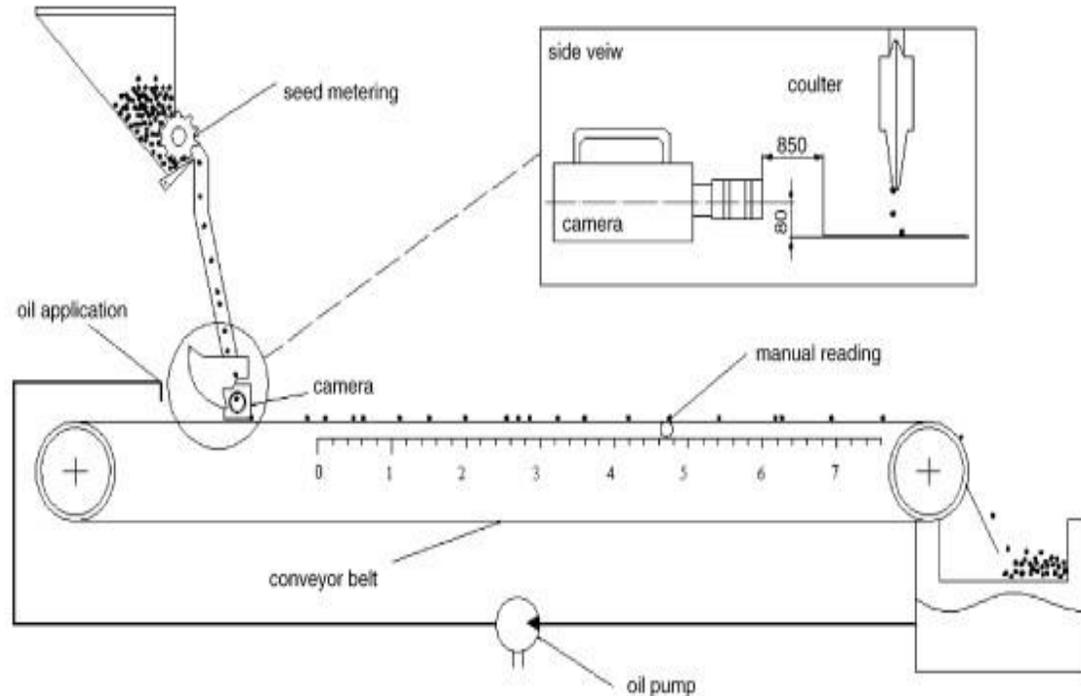


Fig. 1. Seed spacing measurement on sticky belt test stand with high-speed camera system.

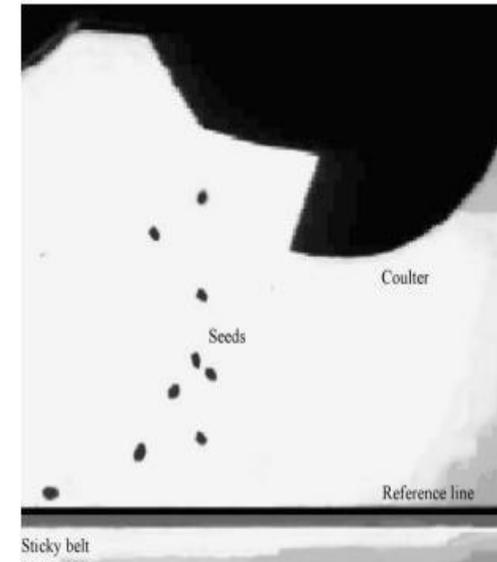


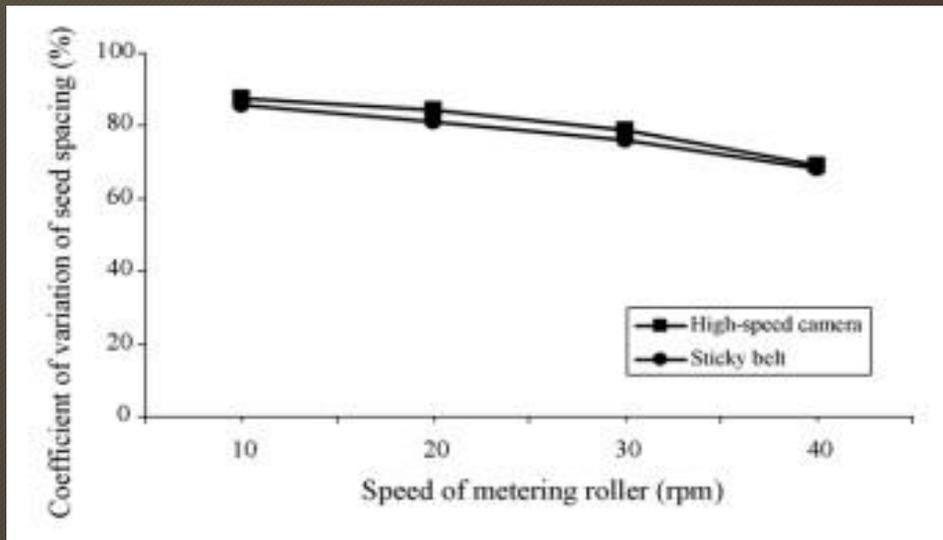
Fig. 2. A frame of the high-speed camera system showing the seed flow from the coulters of the seed drill.

La uniformidad de siembra se vio afectada por la velocidad de los rodillos dosificadores.

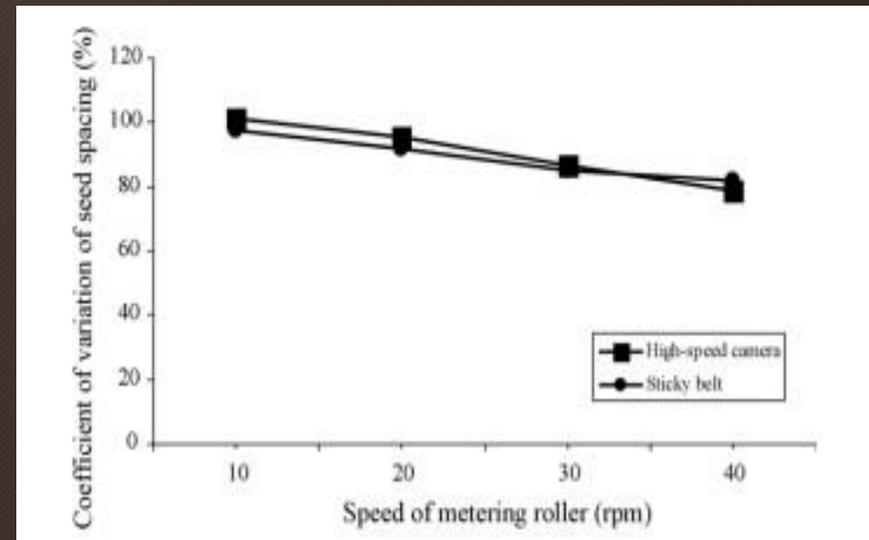
Table 2
Mean velocity of fall and coefficient of variation of velocity of fall of seeds at different metering roller speeds

Speed of metering roller (rpm)	Mean velocity of fall of seeds (m/s)	Coefficient of variation of velocity of fall of seeds (%)
Wheat		
10	1.71a	30.9
20	1.51b	19.8
30	1.28c	14.5
40	1.20c	11.8
Soybean		
10	2.24a	23.1
20	2.27a	18.4
30	1.83b	17.7
40	1.75b	16.6

Note: Means within a seed group followed by same letter are not significantly different at probability $P=0.05$, by Duncan's multiple-range test.



Wheat seed



Soybean seed



Facultad de
Ciencias Agrarias
y Forestales



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

MECANIZACIÓN
FCAyF

CONTROLAR LA SEMBRA





¿Qué se debería controlar en la siembra?

- Densidad de siembra
- Uniformidad de distribución
- Corte de residuos
- Profundidad de siembra
- Tapado de la semilla
- Ubicación del fertilizante
- Dosificación del fertilizante

$$\text{Densidad de siembra} = \frac{\text{pl/m}^2 \times P \ 1000 \text{ (g)} \times 10000 \text{ (m}^2\text{/ha)}}{\text{(kg/ha)} \quad \text{Pureza (\%)} \times \text{Poder germinativo (\%)} \times \% \text{ Logro}}$$

P1000: Peso de mil semillas, expresado en gramos.

%P: Pureza física, expresada en porcentaje.

%PG: Poder Germinativo, expresado en porcentaje.

%Logro: Coeficiente de logro, índice que revela cuántas semillas viables sembradas llegan a desarrollar una plantula. Este coeficiente es propio de cada establecimiento en función de las características de las especies sembradas, la calidad del trabajo de siembra y las condiciones ambientales que afectan a la misma.





NORMA DE ENSAYO: ISO 7256 (1984) REVISIÓN 2021

ISO 7256-1

Sowing equipment — Test methods — Part 1: Single seed drills (precision drills)

ISO 7256-2

Sowing equipment — Test methods — Part 2: Seed drills for sowing in lines



Control de flujo y dosificación

- Estático: Control de FLUJO
 - Previo a la siembra, sobre todos los dosificadores
- Dinámico: control de FLUJO y DENSIDAD DE SIEMBRA
 - Previo a la siembra:
 - Control de flujo: sobre todos los dosificadores.
 - En el momento de siembra:
 - Control de dosis: sobre un número representativo de dosificadores, en cada sector de la máquina sembradora (según el número de ruedas de mando de los dosificadores) si antes se efectuó control de flujo estático o dinámico



Control de dosificación

- Debe realizarse para cada situación de siembra
- La densidad de siembra puede variar entre otras causas por:
 - Las características propias de cada variedad
 - El estado de la máquina
 - Dosificadores
 - Mecanismos de transmisión del movimiento
 - Rodado
 - El estado del terreno
 - Humedad
 - Rugosidad



¿Qué diferencia los ensayos estáticos y dinámicos?

- Las vibraciones del terreno y la carga de los dosificadores
- El patinamiento pasivo de las ruedas de la sembradora



ELEMENTOS NECESARIOS:

- Cinta métrica
- Jalones
- Balanza
- Bolsas de polietileno
- Banditas elásticas o precintos
- Marcador indeleble
- Lápiz y papel
- Calculadora

Previo a la campaña → Estático en galpón (control de flujo)

1. Se limpia y acondiciona la máquina (preferentemente al final de la campaña anterior).
2. Se levanta la máquina.
3. Se mide o calcula el perímetro.
4. Se carga la máquina con semilla.
5. Se identifica una relación de transmisión representativa de la densidad de siembra que se desea sembrar pero puede ser cualquiera.
6. Se corrobora que el sistema haya engranado correctamente.
7. Se gira la rueda de mando de la máquina para que se carguen los dosificadores.
8. Se liberan los tubos de descarga para colocar las bolsas.
9. Se colocan bolsitas sostenidas con bandas o precintos.
10. Se gira la rueda durante un tiempo pre-establecido que tenga relación con una.
11. cantidad de vueltas equivalente a una distancia de 30-50-100 m.
12. Se recogen las bolsas con semilla y se las pesa individualmente.
13. Se calculan los desvíos con respecto a la media tratando de mantener una tolerancia no mayor al 10%.
14. Se identifican y solucionan los problemas de aquellos dosificadores que no entran en tolerancia.
15. Se corroboran los cambios introducidos.



Día de siembra → Dinámico en campo (si se realizó control de flujo previamente)

1. Se limpia la máquina de la semilla pre-existente y se acondiciona la máquina. Se carga la máquina con semilla.
2. Se identifica una relación de transmisión representativa de la densidad de siembra que se desea sembrar.
3. Se traslada la máquina en posición de trabajo para hacer girar la rueda de mando de la máquina para que se carguen los dosificadores.
4. Se corrobora que el sistema haya engranado correctamente.
5. Se mide una distancia equivalente a 30-50 m con cinta métrica y se jalona la misma.
6. Se liberan los tubos de descarga para colocar las bolsas en un número reducido de dosificadores de cada una de las secciones de la máquina.
7. Se colocan bolsitas sostenidas con bandas o precintos.

- • •
8. El conjunto se traslada la distancia medida a la velocidad de trabajo de la máquina sembradora
9. Se recogen las bolsas con semilla y se las pesa individualmente
10. Se calcula el promedio y se sacan los desvíos con respecto a la media tratando de mantener una tolerancia cuantificada por el CV no mayor al 10%
11. Se calcula la densidad de siembra a partir del peso promedio y de la superficie recorrida (número de líneas de siembra x distancia entre líneas de siembra x distancia recorrida)
12. Si se identifican variaciones importantes entre los dosificadores se buscan los posibles
13. problemas o se controlan la totalidad de los dosificadores
14. Se corroboran los cambios introducidos
15. Se modifica la relación de transmisión si aquella difiere significativamente de la densidad deseada

Control en Pila...





¿Qué puede ocasionar las diferencias de entrega entre dosificadores?

- Limpieza de los sectores de alimentación de los dosificadores
- Presencia, ausencia o rotura de removedores
- Presencia, ausencia o inadecuada colocación de las chapas en dosificadores de roldana
- Diferencias en la regulación de las compuertas de descarga (lengüetas) en dosificadores de rodillo acanalado
- Desgaste de los dosificadores y juego axial de los mismos
- Diferencias en la regulación de sectores de la máquina
- Diferencias entre presiones de inflado de ruedas de mando



TABLAS DE SIEMBRA A CHORRILLO  54000

TRIGO

Separación entre líneas: 175mm

N°CAMBIO	Kg/Ha										
1	28,9	10	62,0	19	89,8	28	132,8	37	192,4	46	298,0
2	31,3	11	64,9	20	92,7	29	139,1	38	198,6	47	322,6
3	33,8	12	67,1	21	97,1	30	143,7	39	208,0	48	348,9
4	36,9	13	70,3	22	100,7	31	150,6	40	215,7	49	380,8
5	40,0	14	72,5	23	105,5	32	155,4	41	226,0	50	412,2
6	43,2	15	76,0	24	109,0	33	162,8	42	233,5	51	445,8
7	47,0	16	79,2	25	114,2	34	169,6	43	244,6	52	484,3
8	50,9	17	82,9	26	117,9	35	177,7	44	252,6	53	524,2
9	55,0	18	85,7	27	123,5	36	183,6	45	264,6	54	567,0



- 4) En la siembra de trigo le recomendaron sembrar una dosis de 100 kg ha⁻¹ en un lote. Seleccione el cambio más apropiado en la sembradora, mencionando la combinación de palancas.
- 5) Indique cuánto material deberá recolectar en cada dosificador para considerar que la siembra fue acorde a lo establecido. Especifique cuáles son los valores mínimos y máximos de tolerancia. Indique cuáles podrían ser las posibles causas si recolectara una cantidad de material mayor o menor a la permitida en la tolerancia