

Mecanización de la Fertilización

Curso 2020



Objetivos

- Conocer los distintos diseños
- Comprender las variables que inciden sobre la eficiencia de aplicación
- Relacionar mecanismos, funciones y regulaciones que inciden sobre la fertilización
- Valorar el grado de uniformidad como parámetro de eficiencia de la labor



¿Cuál es el objetivo de la fertilización?

- Maximizar el rendimiento físico del cultivo
- Maximizar el rendimiento económico
- Promover la sustentabilidad de la producción

Factores que influyen:

- Costo del fertilizante
- Dosis de aplicación
- Incremento en los rendimientos
- La técnica de aplicación utilizada
- El precio del producto



¿Que decisiones se deben tomar??

Cuánto?

Análisis de suelo, criterio de fertilización y requerimientos del cultivo

Qué ?

Tipo de fertilizante:

- Mineral
 - ✓ Sólido
 - ✓ Líquido
 - ✓ Gaseoso
- Orgánico



Cuándo?

Momento de aplicación:

- ✓ Antes de la siembra
- ✓ Durante la siembra
- ✓ Después de la siembra

Cómo?

Forma de aplicación:

- ✓ Incorporado al suelo
- ✓ Superficial
- ✓ Bandas
- ✓ Al voleo



Alternativas para la aplicación de sólidos

- **Máquinas gravitacionales**
 - máquinas fertilizadoras
 - cajones fertilizantes en sembradoras
 - De botalón
- **Máquinas centrífugas**
 - discos (simple o doble)
 - tubo oscilante (simple o doble)
- **Máquinas neumáticas**



Alternativas para la aplicación mecanizada

- **Se realiza una labor específica**

- Con máquinas específicas
- Con máquinas polifuncionales

- **Se complementan tareas**

- Siembra y fertilización

- En la línea de siembra
- En líneas independientes

- Labranza y fertilización

- Fertilización e incorporación con implementos de casquetes y escardillos
- Fertilización profunda junto a labores de descompactación

Máquinas específicas

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



MECANIZACIÓN
FCAyF





Máquinas polifuncionales

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



MECANIZACIÓN
FCAyF



Descompactación con aplicación profunda

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



MECANIZACIÓN
FCAyF







Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



Siembra y Fertilización

La colocación del abresurcos del fertilizante debe evitar

- **Dificultades para la penetración del equipo**
- **Posibilidades de atoraduras con rastrojo**
- **Alteraciones de la profundidad de siembra**
- **Extracción de terrones**
- **Fitotoxicidad**
- **Alteraciones de la densidad de siembra**



La fitotoxicidad depende de:

- **Dosis y Tipo de fertilizante**
- **Tolerancia del cultivo a implantar**
- **Humedad del suelo al momento de la siembra**
- **CIC del suelo**
- **Distancia entre surcos**

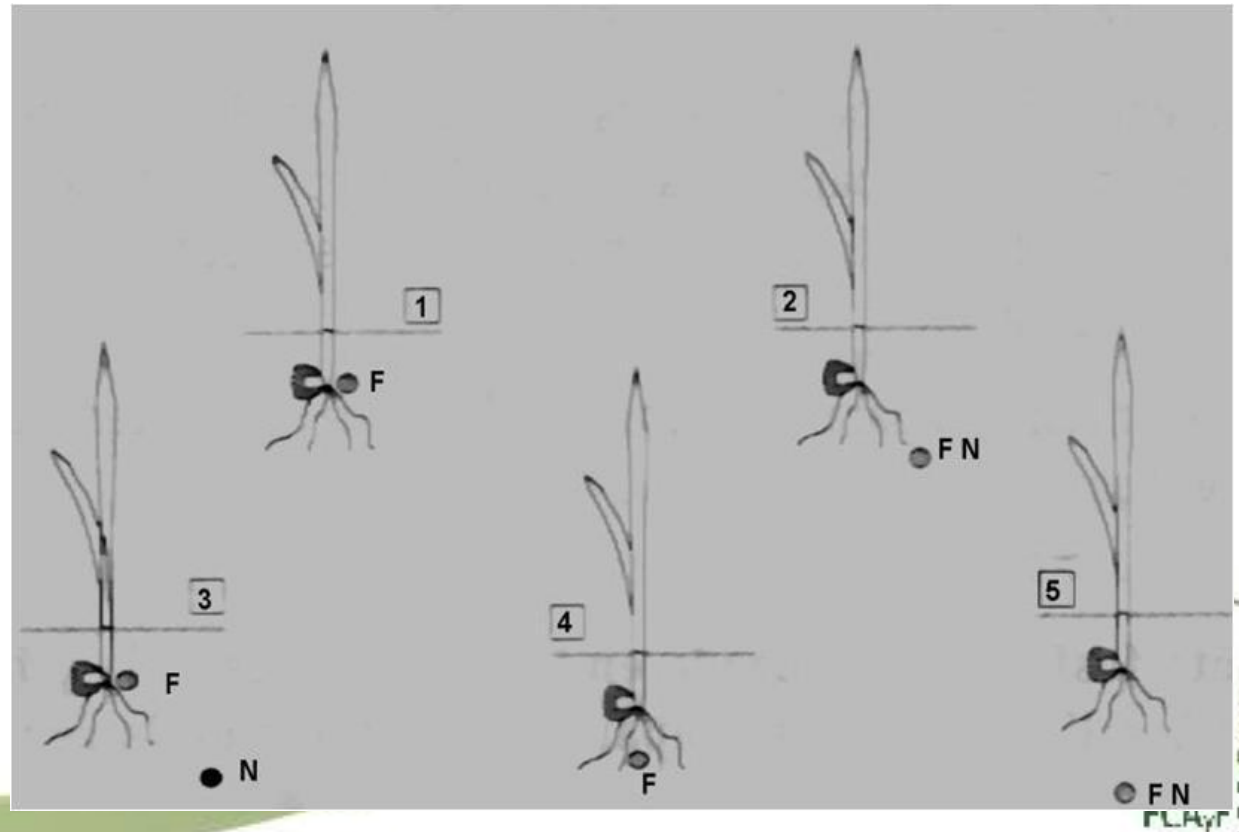


Ubicación de fertilizante sólido

□ Localizado:

- ❖ En la línea
- ❖ En banda

N = nitrógeno



Trenes de fertilización

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

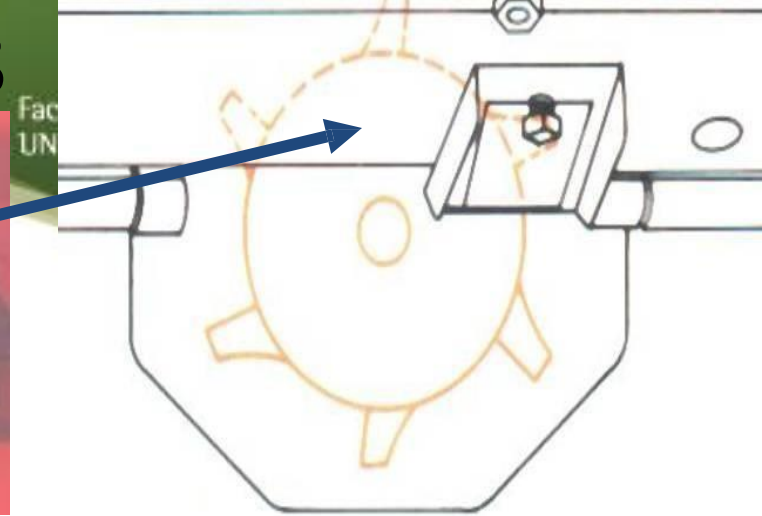


ANIZACIÓN
FCAyF

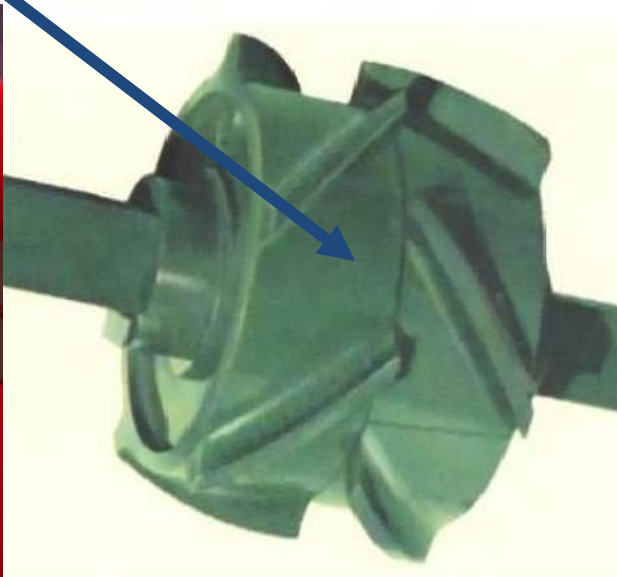


Dosificadores de sólidos

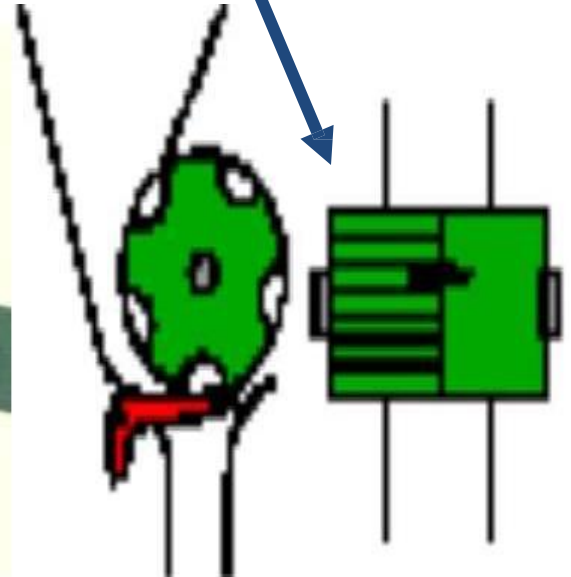
Estrellas



Chevrón



Rodillo acanalado



Transporte neumático

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



MECANIZACIÓN
FCAyF



Máquinas Neumáticas

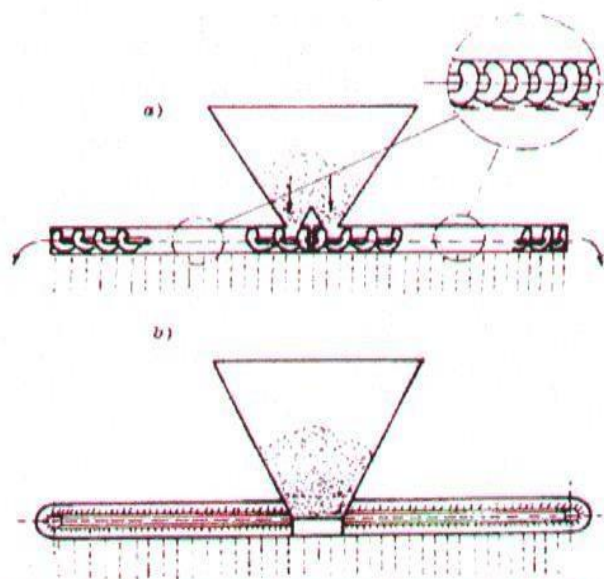






Fertilizadoras encaladoras

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



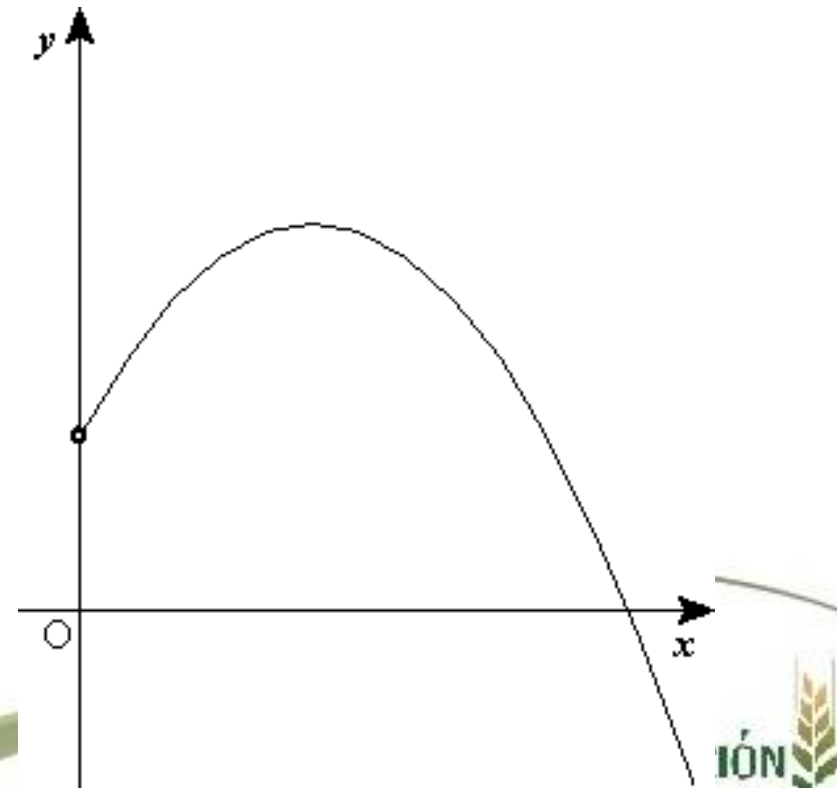
Distribuidora de tolva central: a) de tornillo sin fin; b) de cadena.



Maquinas de proyección

principio de balística

- La trayectoria de un proyectil depende de
- su forma
- el peso
- el tamaño
- la velocidad inicial
- su rotación,
- la resistencia del aire
- la gravedad.

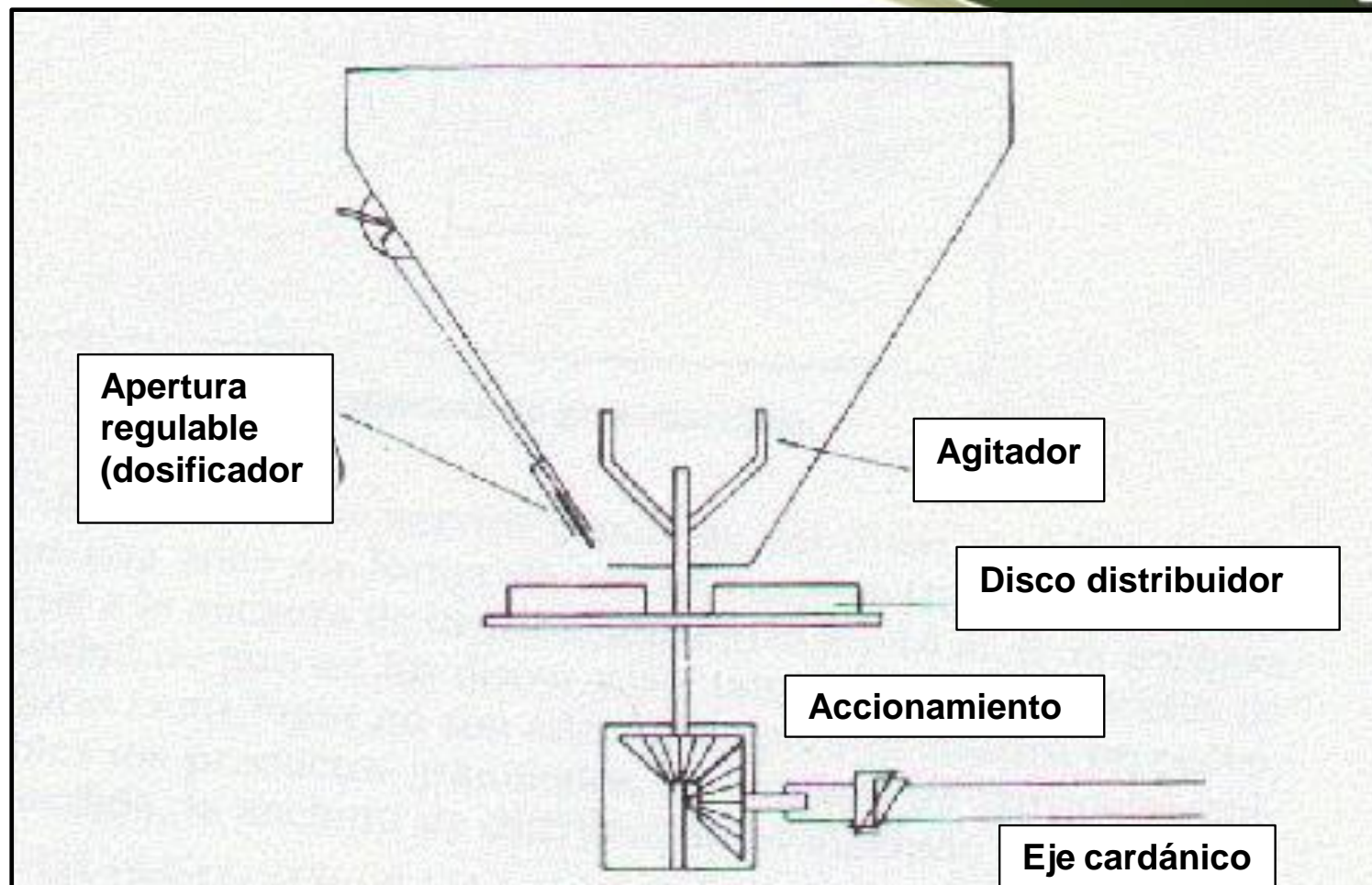


¿Que Significa esto?

- ❖ A menor densidad, menor distancia de proyección
- ❖ La densidad influye sobre el caudal de salida de la tolva
- ❖ A mayor granulometría mayor alcance
- ❖ Cuanto más esférica más regular es la trayectoria
- ❖ A mayor dureza menor tendencia a generar polvo y desuniformidad



Esquema de una fertilizadora centrífuga bi-disco



Esquema de una distribuidora centrífuga bidisco

Maquinas centrifugas de proyección

MONODISCO

- Simples
- Económicas
- Bajo mantenimiento
- Distribución poco uniforme difícil de solucionar en máquinas económicas
- Trabajo “en redondo” o “continuo”



Doble disco



- Sencillas
- Económicas
- Mayor ancho de cobertura
- Mayor uniformidad
- Posibilidad de variar el ancho de trabajo
- Permiten trabajar ida y vuelta

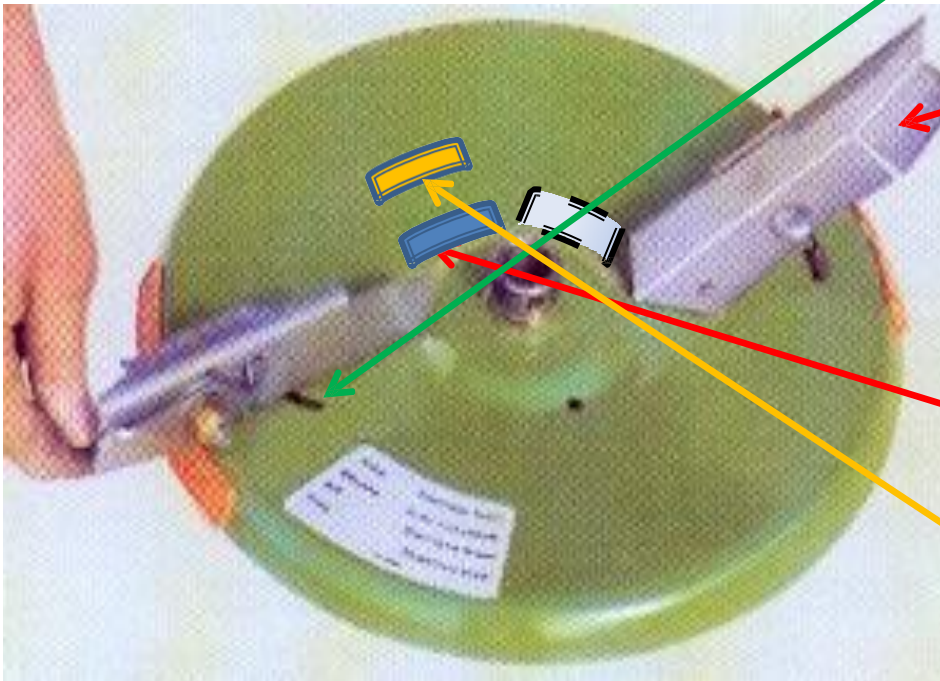


Platos y paletas

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



Cómo se varía el perfil de distribución?



- Variando el ángulo de las paletas
- Variando la longitud de las paletas
- Modificando el punto de descarga
 - En relación al sentido de giro
 - En relación al radio
- Modificando la velocidad de rotación



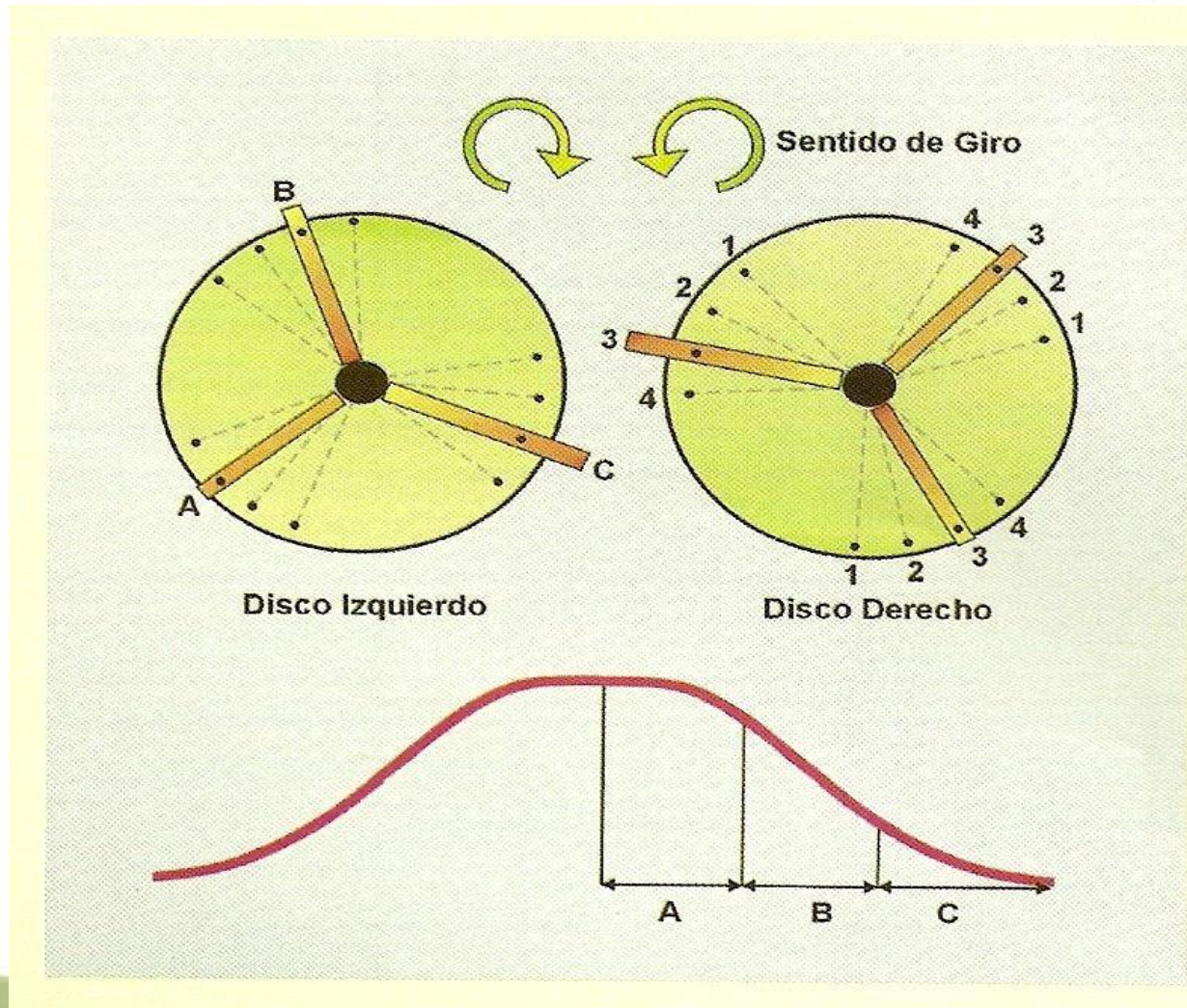
Regulación de la distribución



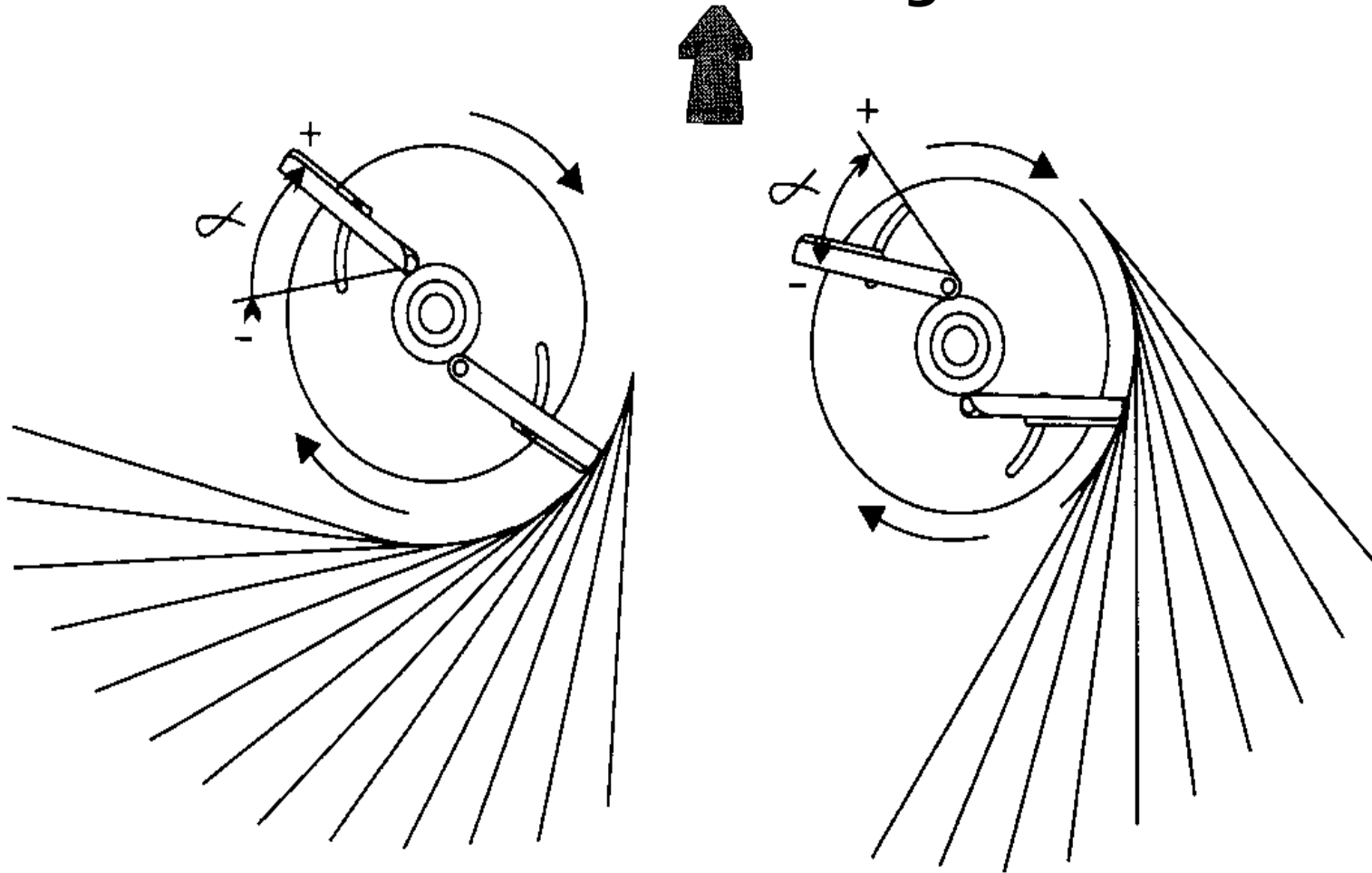
¿Qué variables de diseño existen?

- Diámetro de los discos
- La velocidad de giro de los discos
- La forma del disco
- La forma de las aletas
- El número de paletas
- Las longitudes de las paletas
- La alimentación de la tolva a los discos
- Las características de la variación de la tasa de aplicación
- Las posibilidades de regulación de los diferentes variables que inciden en la distribución
- La forma de accionamiento de los discos

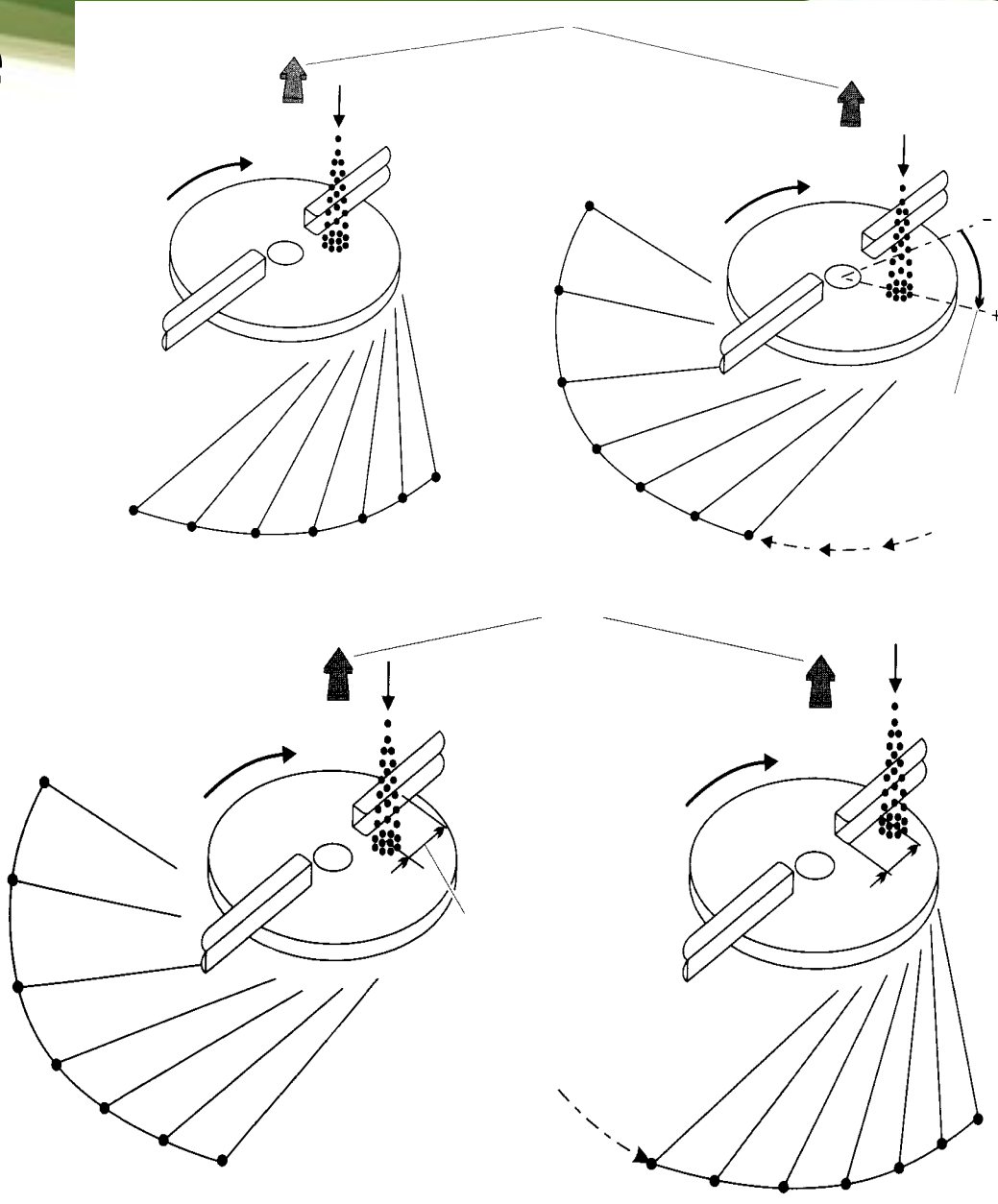
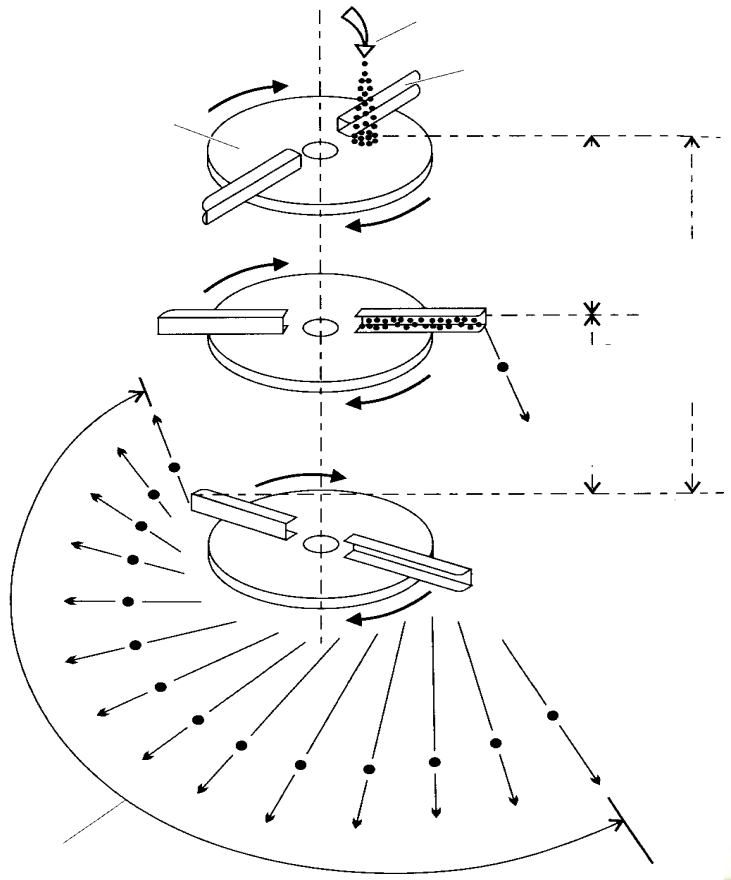
Regulación de la distribución



Influencia del punto de caída en función del ángulo



Influencia del punto de caída (radio)



Aspectos de mantenimiento que atentan contra una adecuada distribución

Acumulación de material sobre las paletas, péndulo,
divisores de flujo, compuertas de control de flujo y
sobre el transportador de cadenas o cintas

Paletas del distribuidor gastadas

Paletas del distribuidor sueltas o flojas

Difusor gastado

Transportador de cadenas o cintas flojas



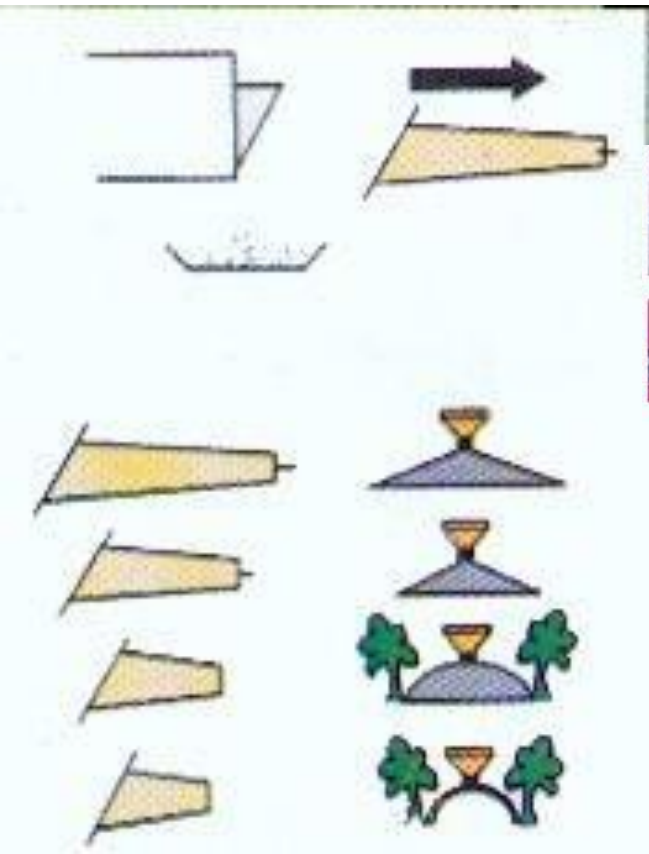


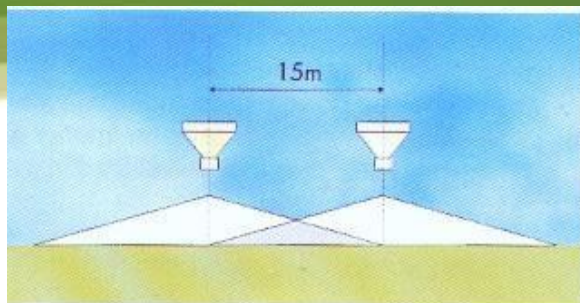




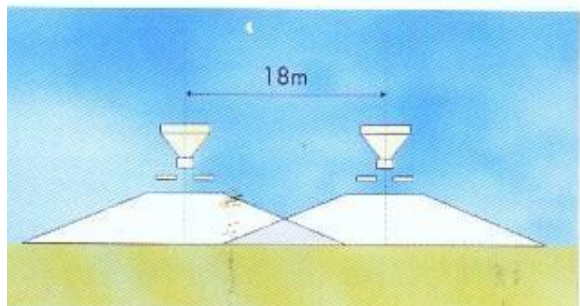


Fertilizadora pendular





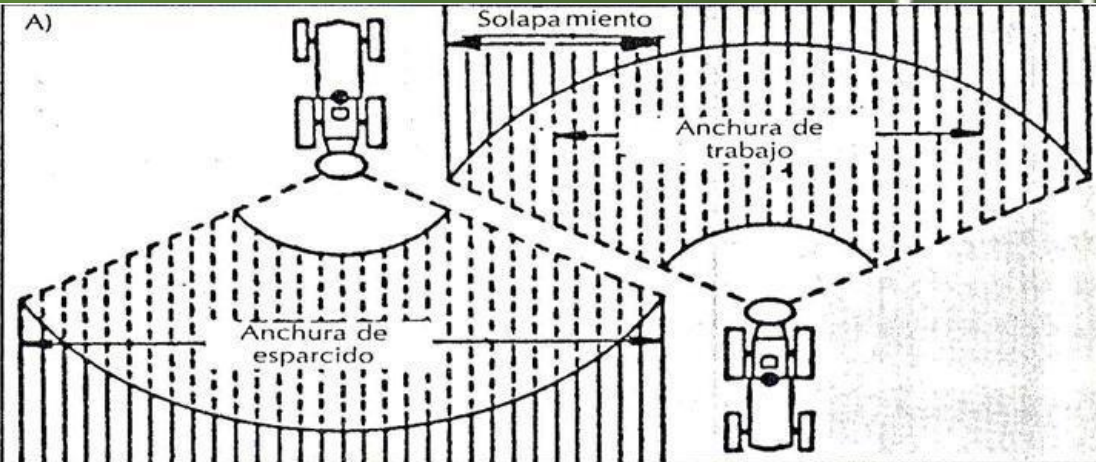
as y Forestales
DE LA PLATA



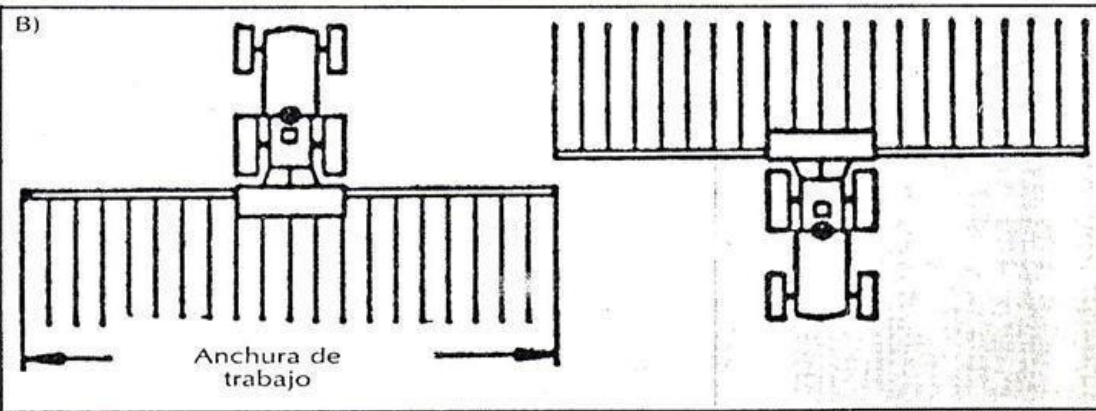
MECANIZACIÓN
FCAyF



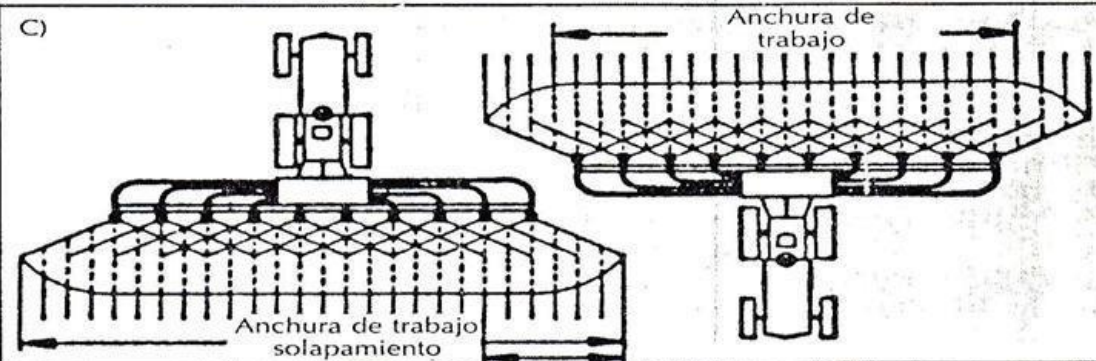
Sistema Centrífugo



Sistema Gravitacional



Sistema Neumático



Procedimiento de trabajo para conseguir la suficiente uniformidad de distribución.
 (A) Abonadora de proyección. (B) Abonadora de caída por gravedad. (C) Abonadora neumática

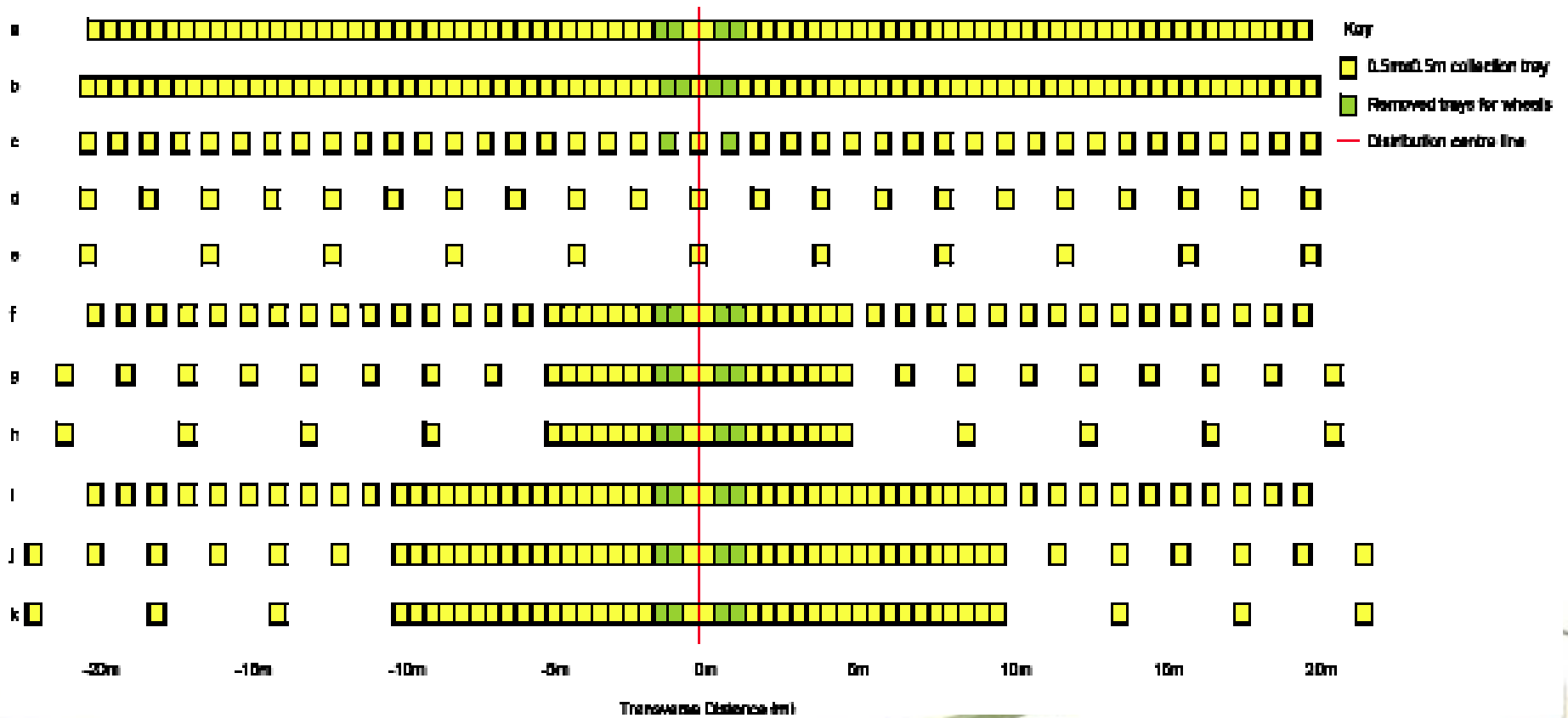
Calibración de fertilizadoras centrífugas

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



Norma ISO 5690/1 1982
ASAE S341.2 1992





Calibración de Fertilizadoras Centrífugas

Aspectos previos : limpieza, engrase, otros

■ Sobre la máquina:

✓ Verificación de la altura del dosificador

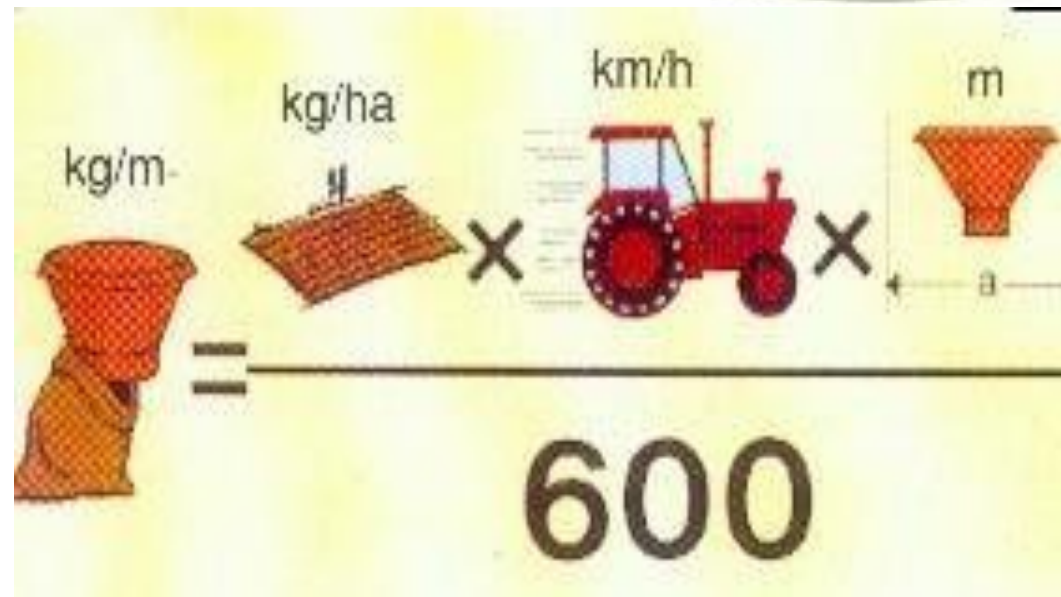
✓ Nivelación horizontal
y transversal

✓ Verificación de las
r.p.m. de la T.P.P.



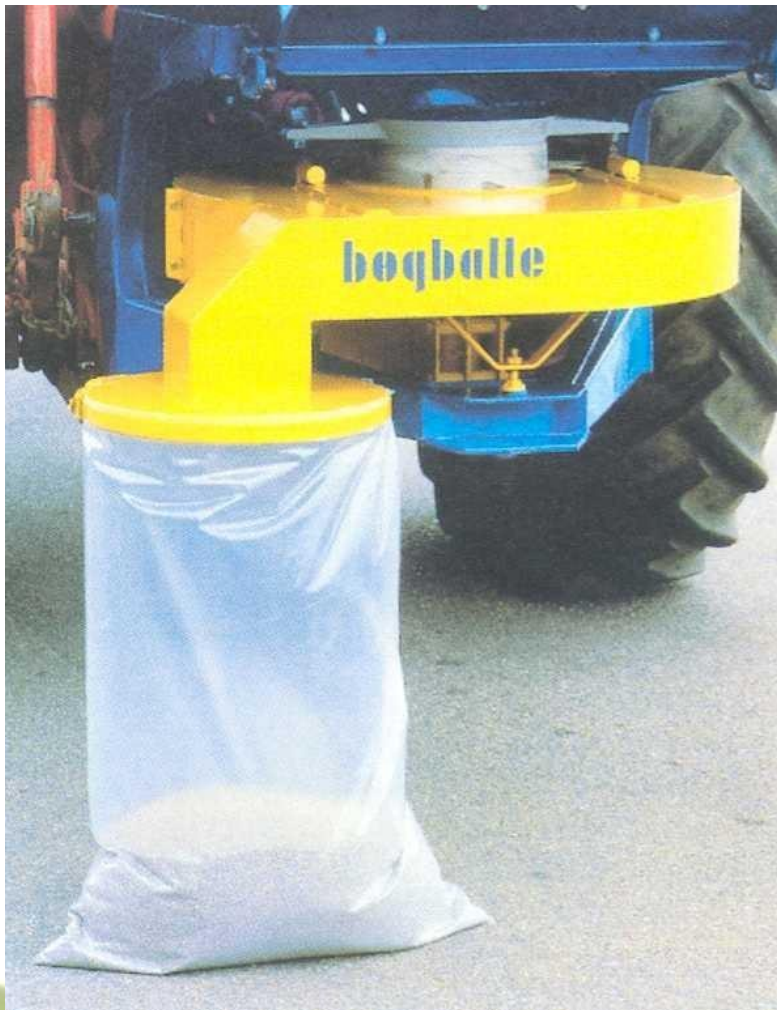
Parámetros de calibración

- ¿Cuántos kilos quiero aplicar?
- ¿Qué variables inciden?
- ¿Cuál es mi ancho de trabajo?

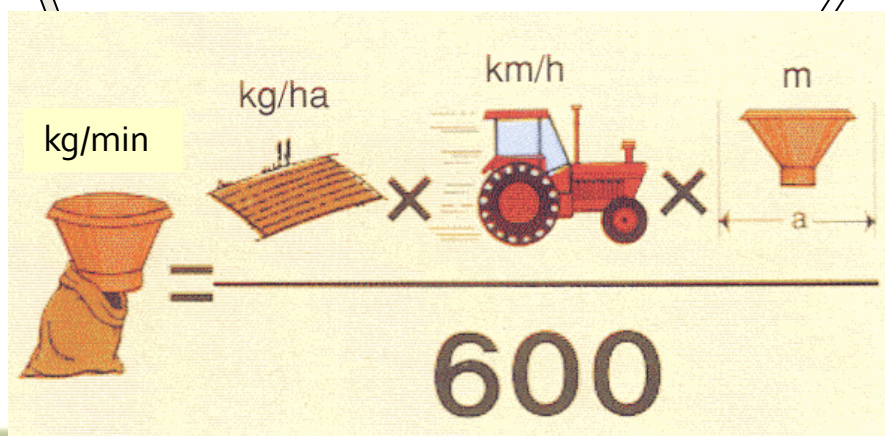


$$\text{kg / ha} = \frac{\text{Caudal (kg / minuto) X 600}}{\text{Ancho efectivo (m) X Velocidad (km / h)}}$$

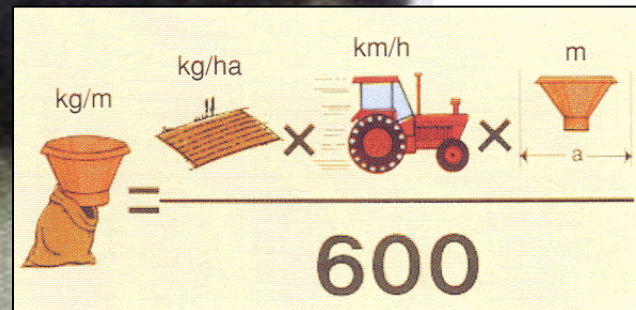
Conjunto de calibración



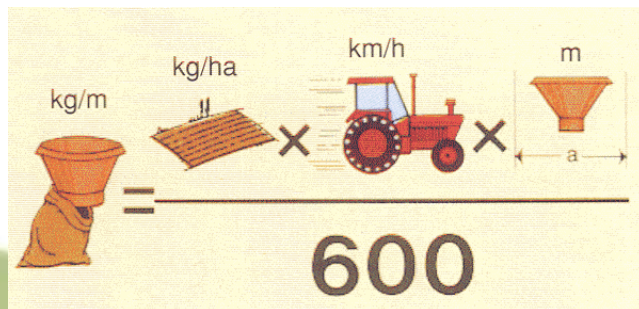
Prueba en el campo



Determinación del caudal



Regulación del Caudal



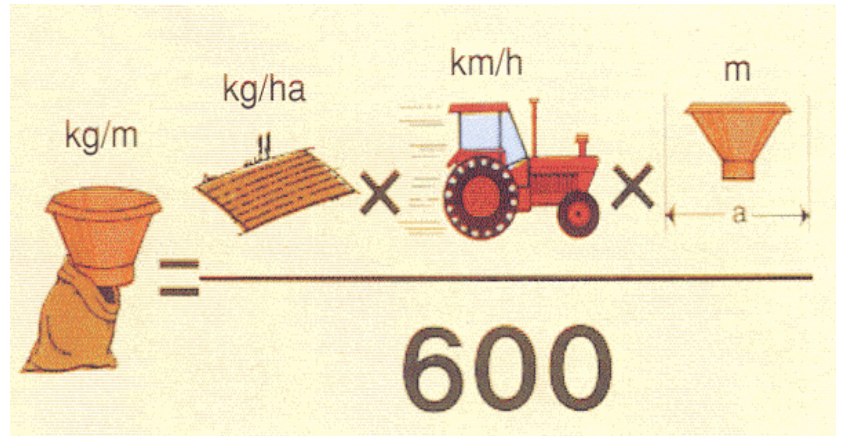






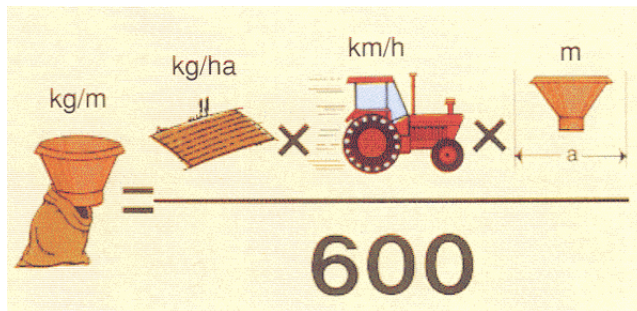
TABLA DE DOSIFICACION FERTIL FC3000 en Kg/ha

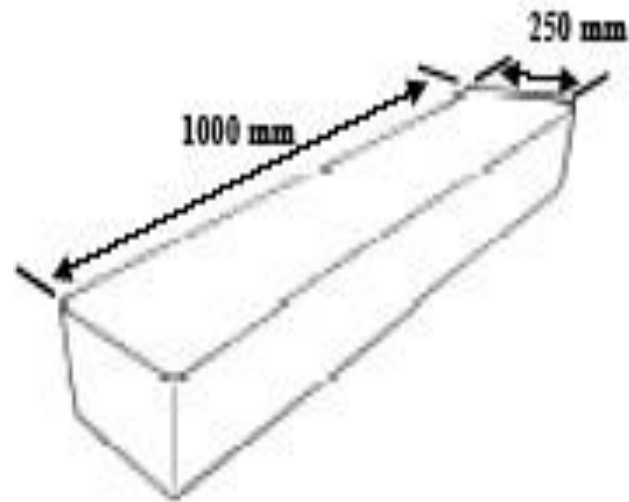
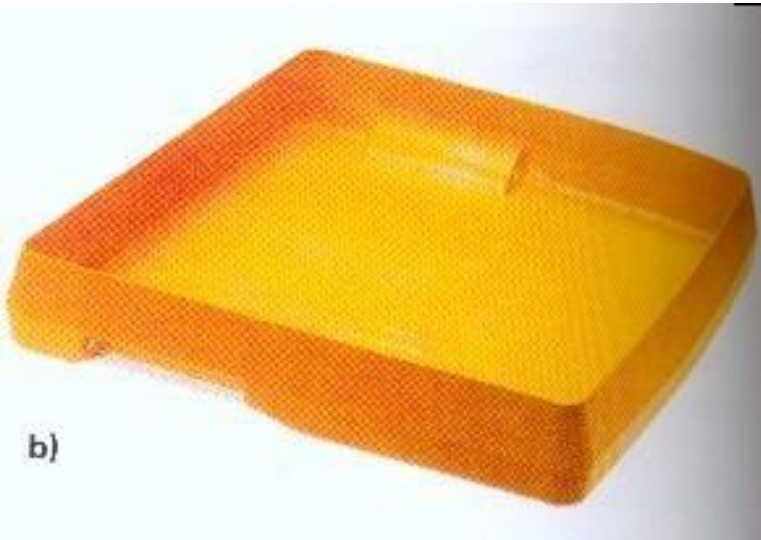
UREA Granulada Pasa Especial 1.2					UREA Saca Granulada Pasa Especial 2.2											Ancho de labor (metros)	Abertura de la combustura (cm)
Profundidad de labor (cm)	3	4	5	6	14	16	18	17	16	16	20	21	22	23	24		
10	48	44	42	38	48	44	42	38	37	36	34	32	30	28	26	24	22
15	42	38	36	32	42	38	36	32	31	30	28	26	24	22	20	18	16
20	37	32	30	26	37	32	30	26	25	24	22	20	18	16	14	12	10
25	32	28	26	22	32	28	26	22	21	20	18	16	14	12	10	8	6
30	28	24	22	18	28	24	22	18	17	16	14	12	10	8	6	4	2
35	24	20	18	14	24	20	18	14	13	12	10	8	6	4	2	1	0
40	20	16	14	10	20	16	14	10	9	8	6	4	2	1	0	0	0
45	16	12	10	6	16	12	10	6	5	4	2	1	0	0	0	0	0
50	12	8	6	2	12	8	6	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
55	8	4	2	0	8	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Si cambia la velocidad de avance?



Determinación del ancho efectivo



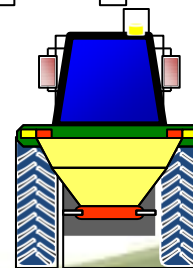
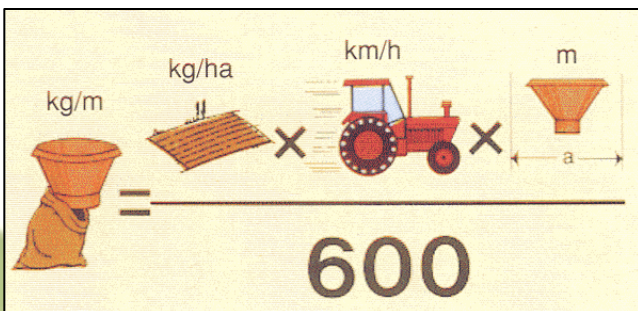
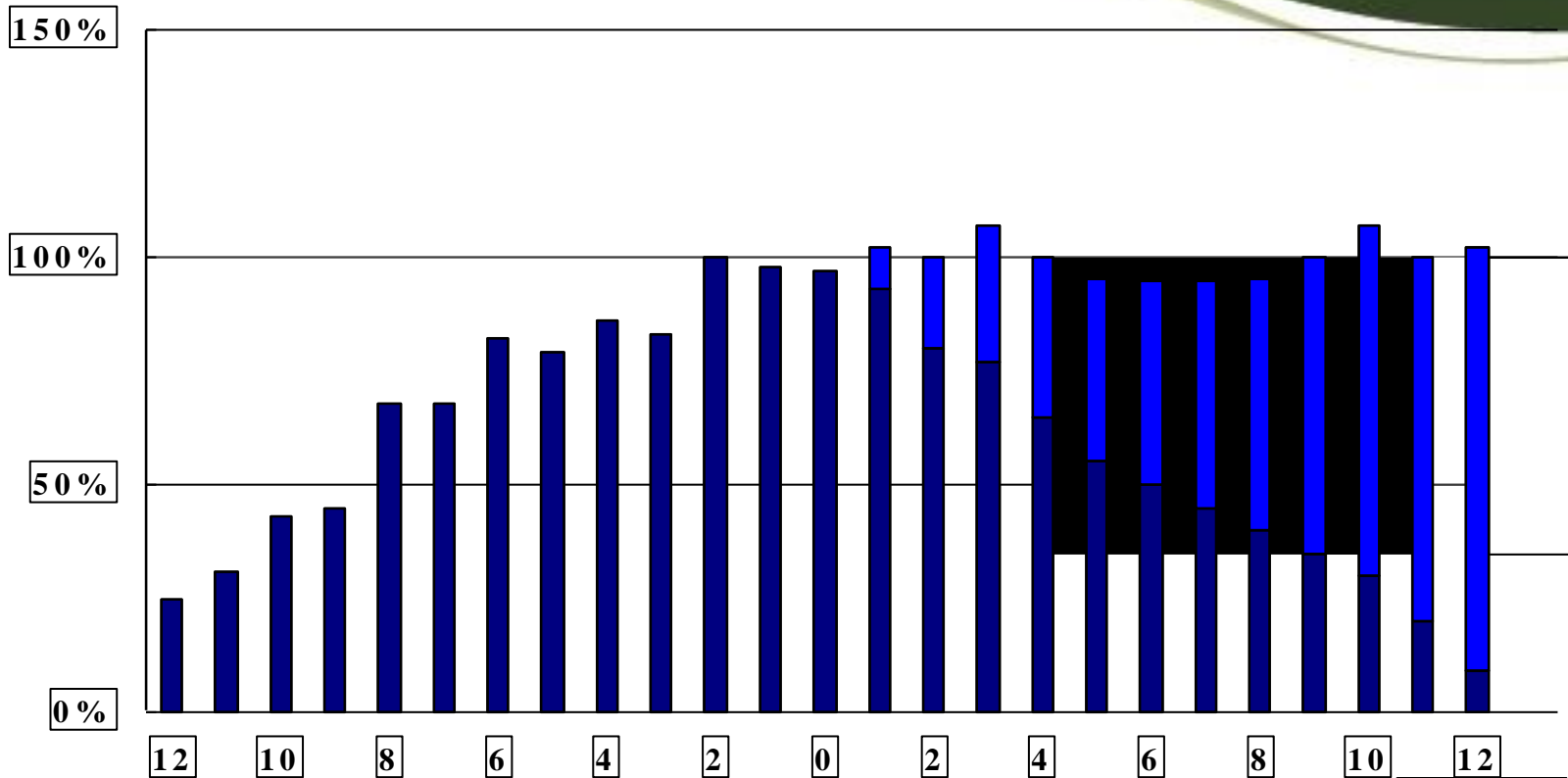


(A)

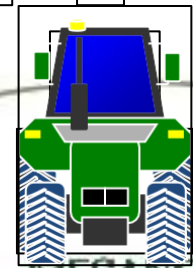


(B)

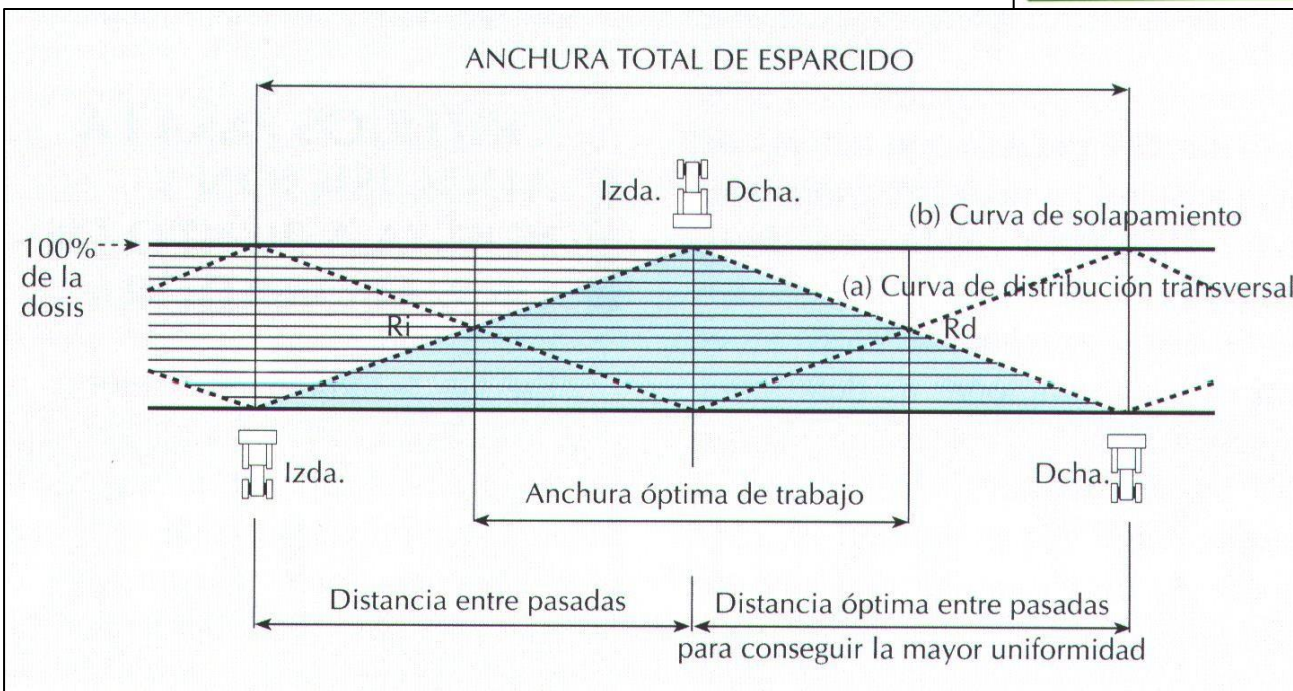
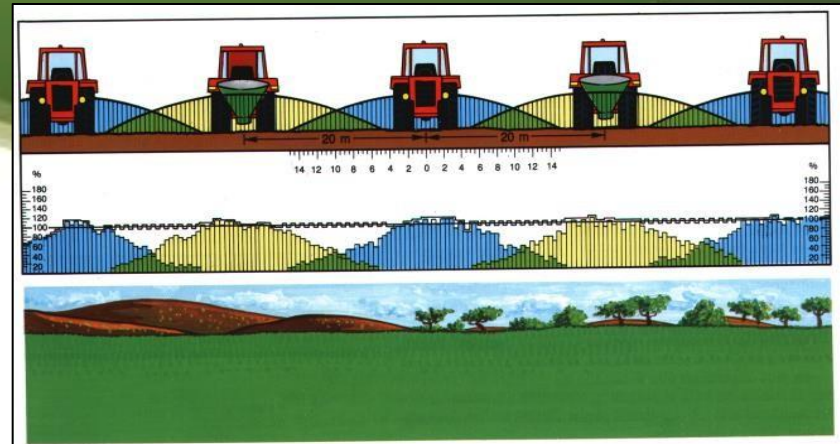
Histograma de distribución



12 m

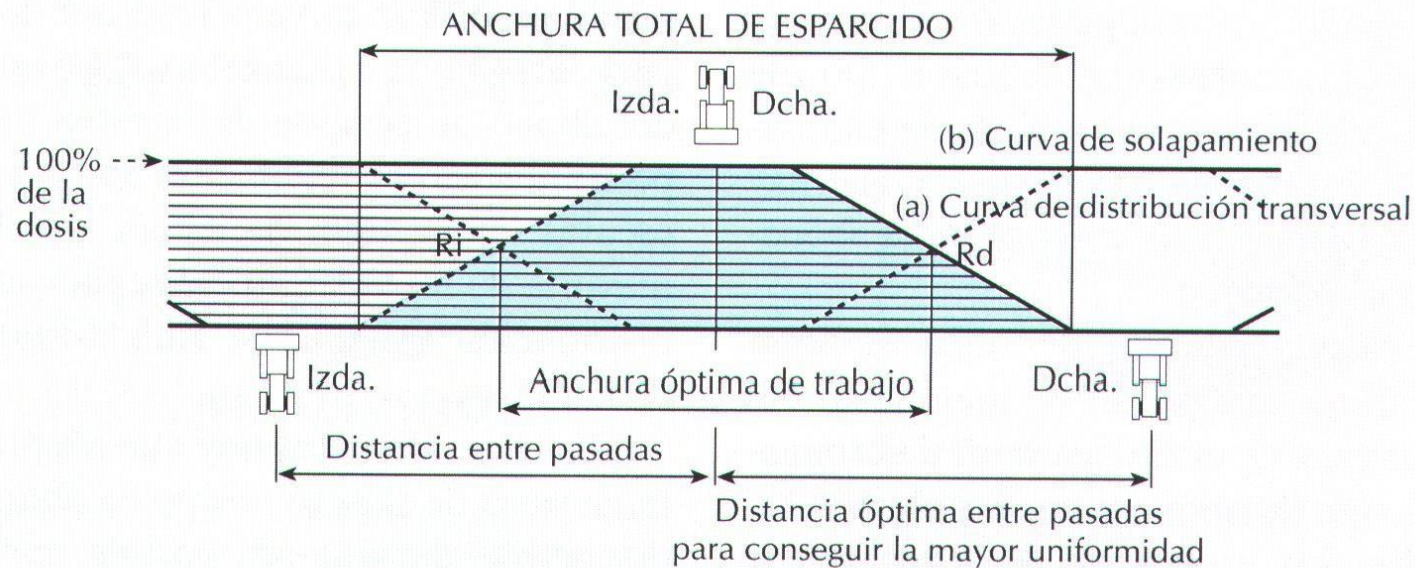
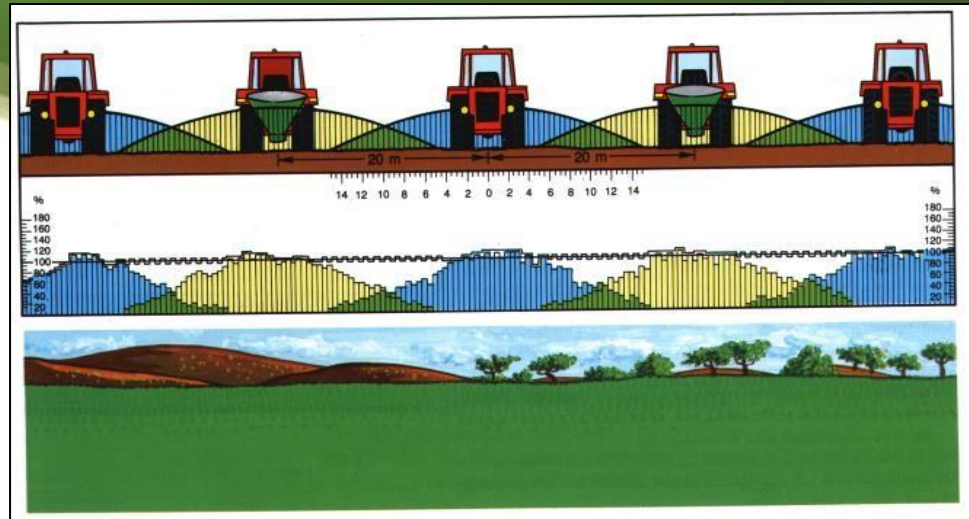


Perfiles de distribución



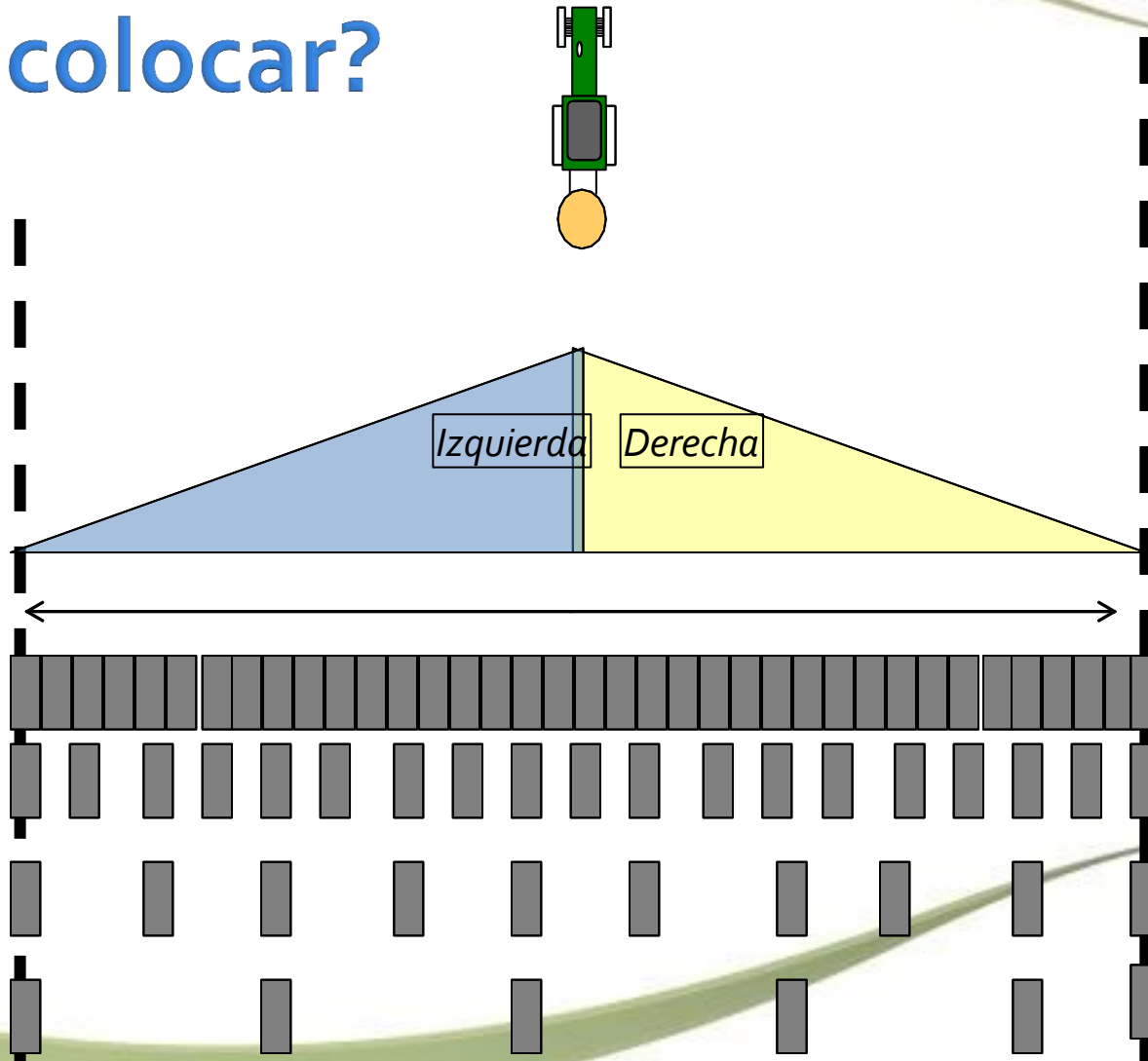
Triangular: permite pequeñas variaciones de la separación entre pasadas sin modificaciones en la uniformidad de distribución

Perfiles de distribución

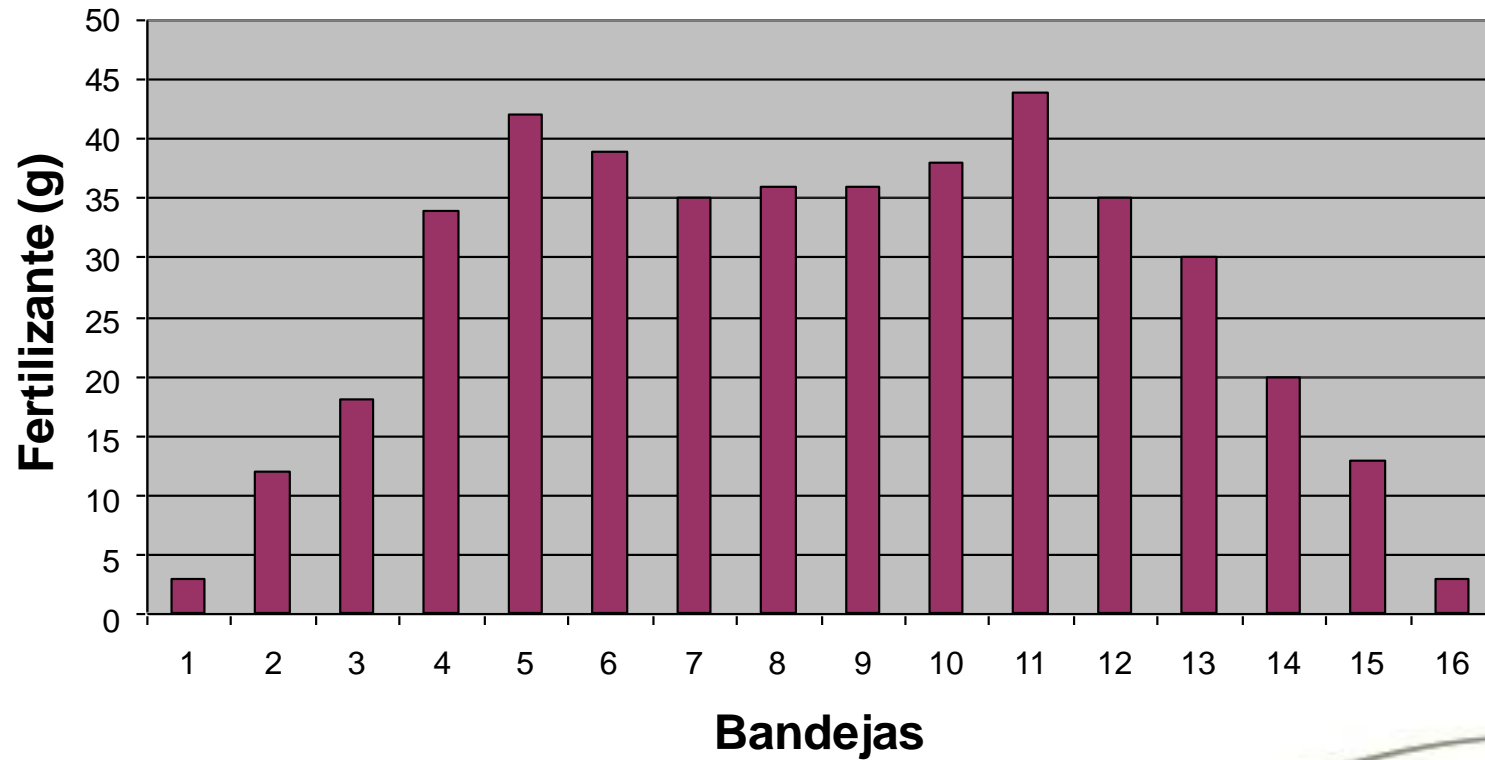


Trapezoidal: pequeñas variaciones de la separación entre pasadas modifica considerablemente la uniformidad de distribución

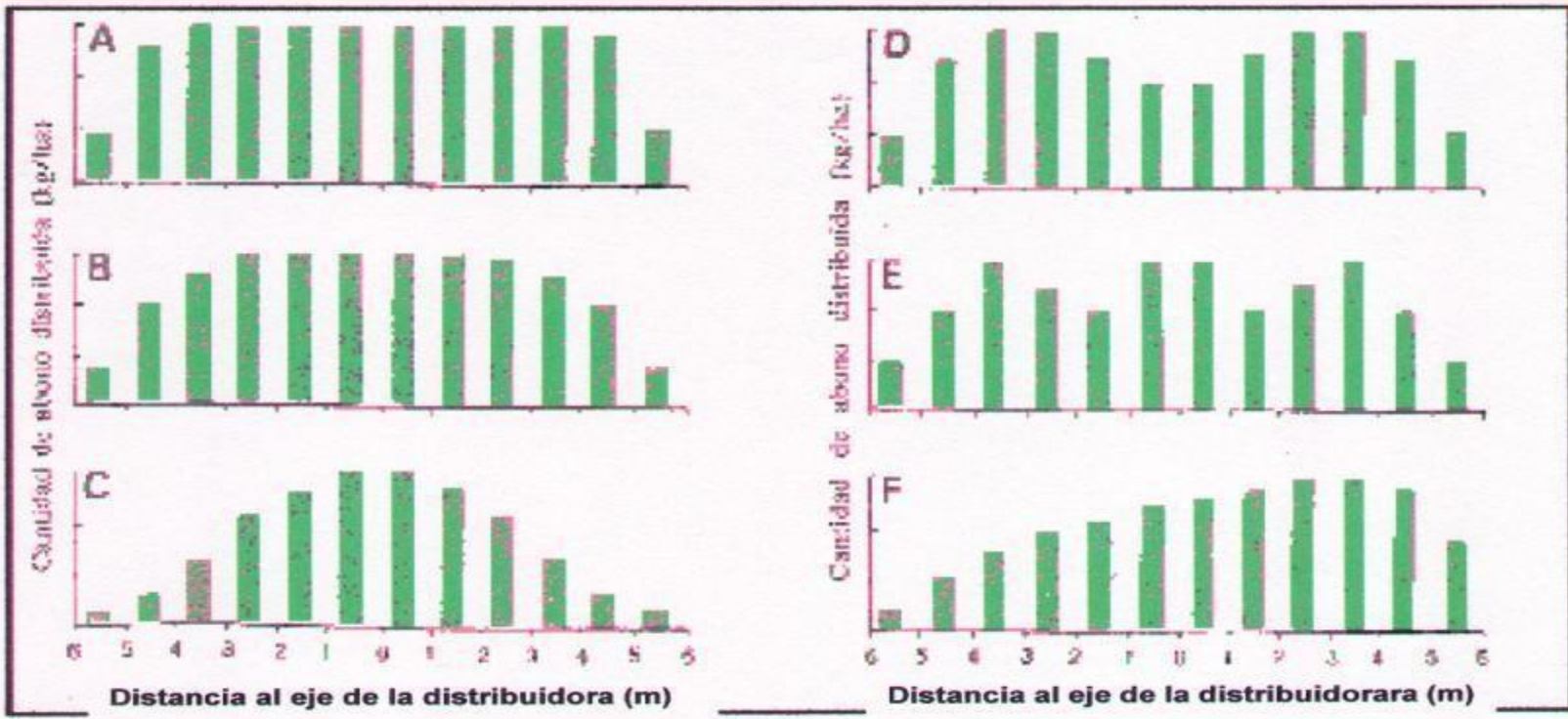
Cuántas cajas receptoras se deben colocar?



Distribución una pasada



Perfiles de distribución



OPTIMA DISTRIBUCION

MALA UNIFORMIDAD DE DISTRIBUCION

Diagramas de distribución de fertilizadoras centrífugas

Ajustes para corregir el patrón de distribución en "M"

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



- Ubicar el punto de entrega de material más cerca del borde exterior del plato giratorio
- Mover las paletas del dosificador en dirección opuesta al sentido de rotación
- Incrementar el régimen de giro del plato giratorio



Ajustes para corregir el patrón de distribución en "W"

Facultad de Ciencias Agrarias
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



- Mover el punto de descarga del fertilizante más cerca del centro del plato giratorio
- Mover las paletas del plato giratorio en la dirección de rotación
- Disminuir la velocidad de rotación del distribuidor



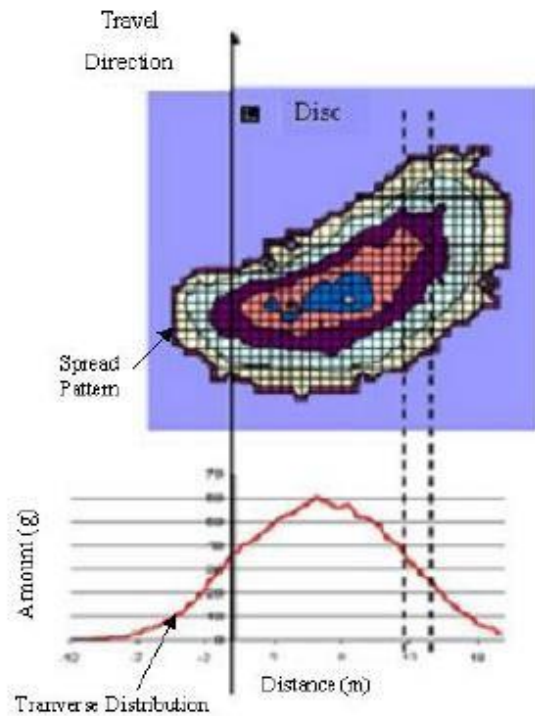


Fig. 1. Spread pattern (spatial distribution) and transverse distribution

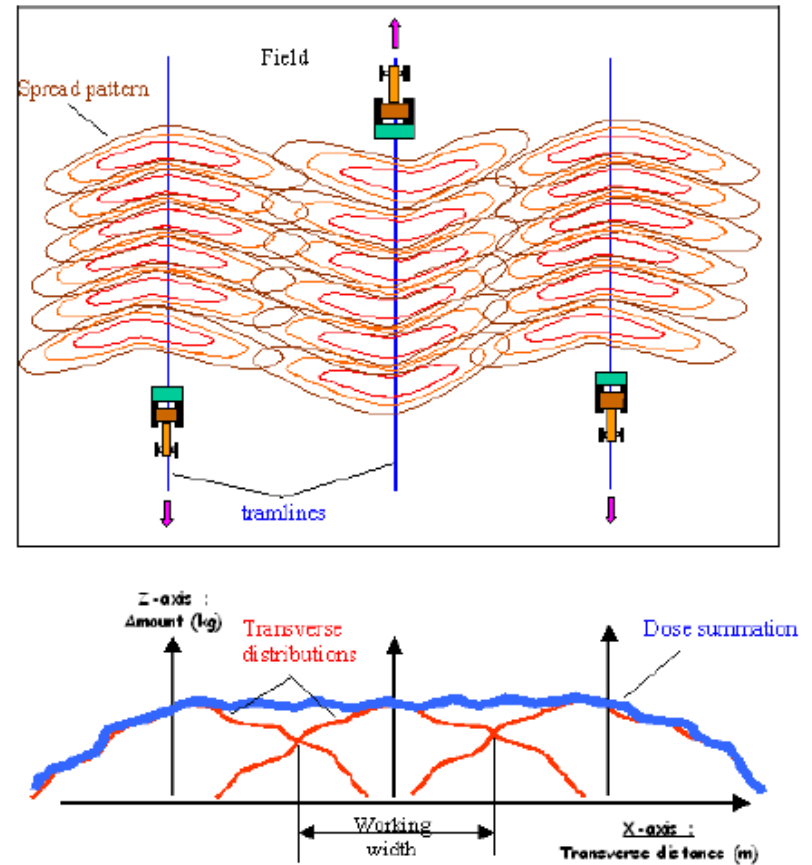
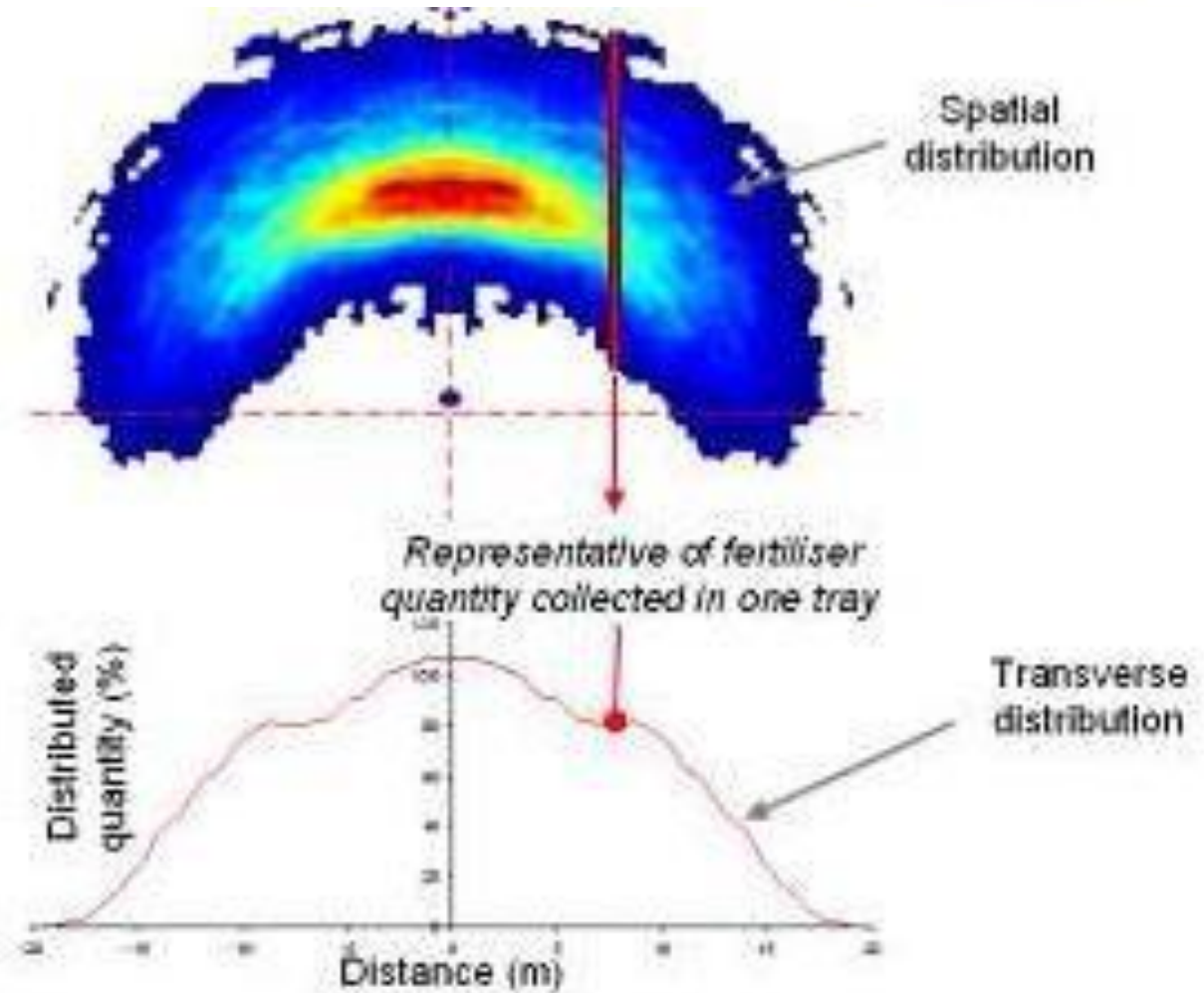
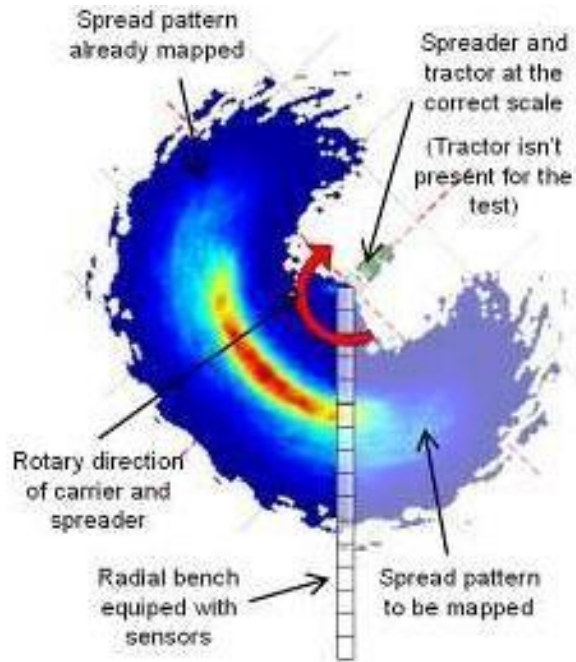


Fig. 2. Fertilization strategy based on transverse distribution summation.



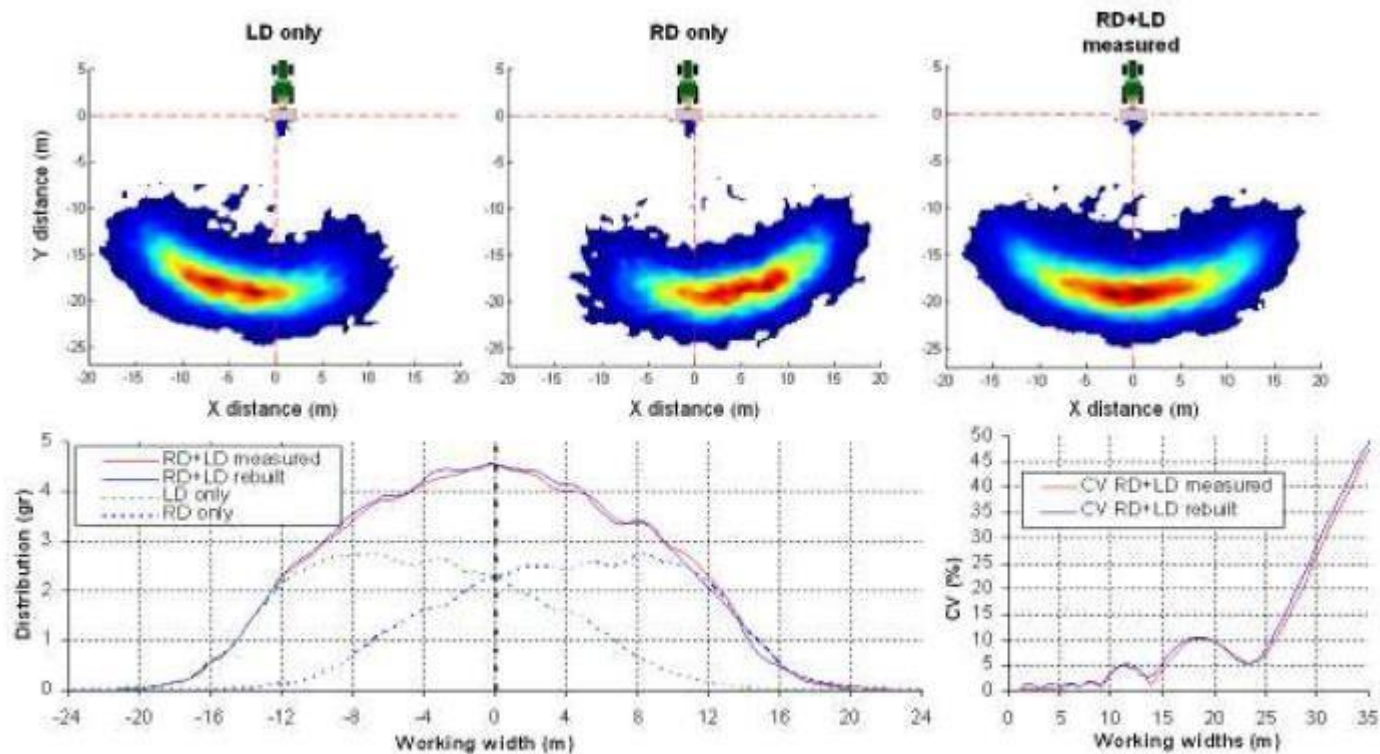
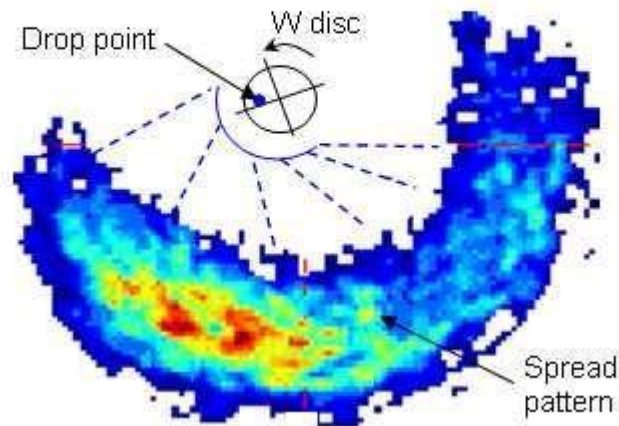


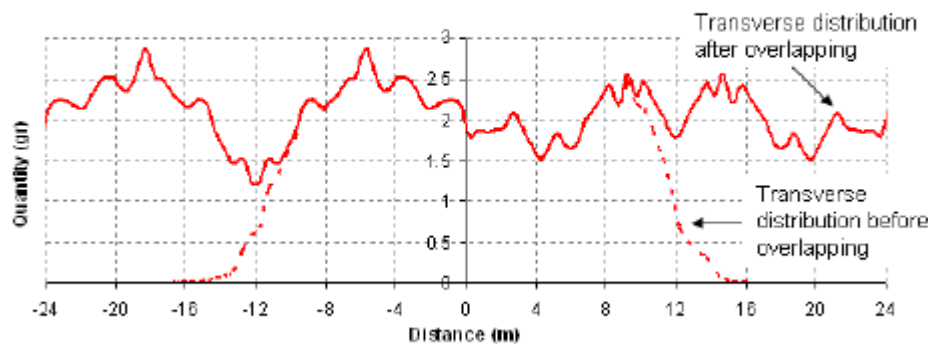
Fig. 4: Comparison of results obtained measuring spread pattern of each disc separately then add them together, with the spread pattern obtained using both discs simultaneously.

Monodisco

(a) – Real measure of slug-pellets spread pattern

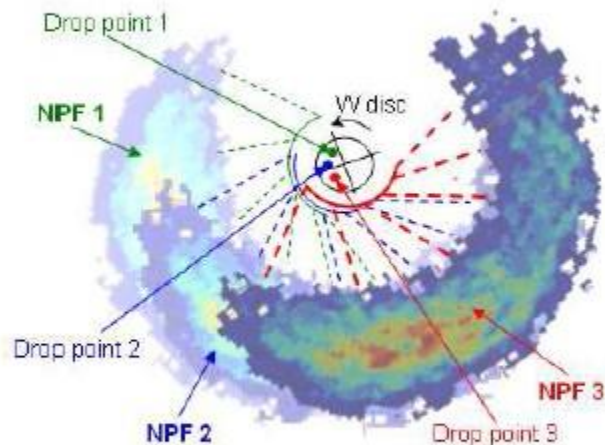


(b) – Calculated transverse curve obtained with the slug pellets spread pattern



Efecto del punto de descarga

(a) – Influence of drop point adjustment on the spread pattern position on the ground



(b) – Influence of drop point position on the transverse distribution

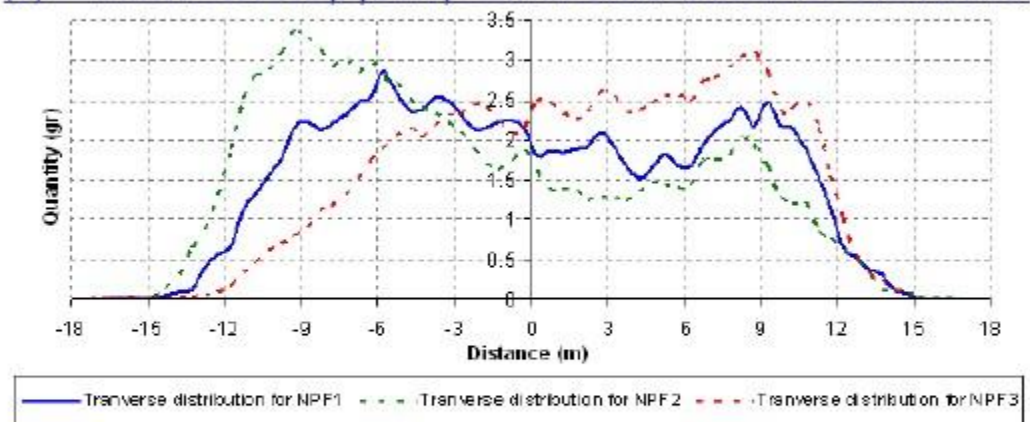
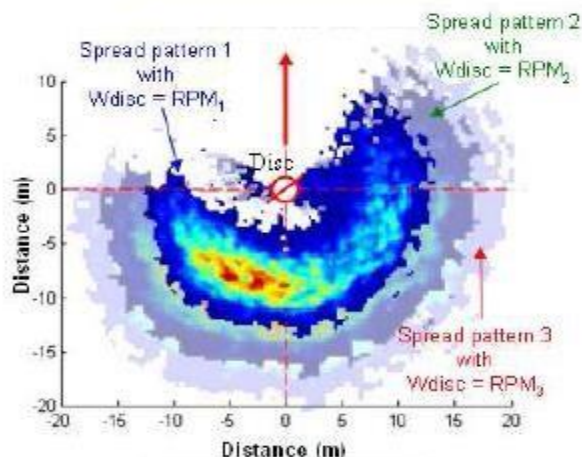


Fig 3: Common single disc spreader adjustment mechanism.



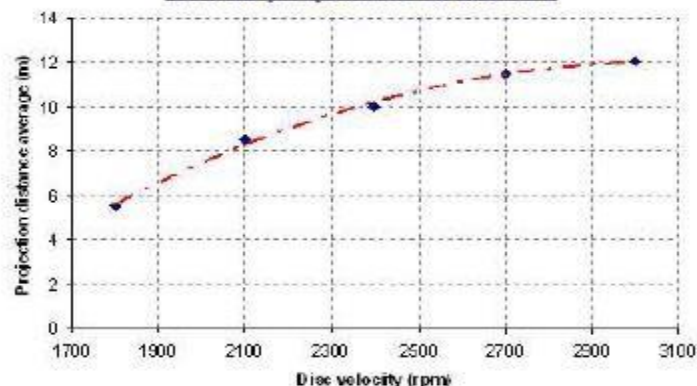
Efecto de la velocidad

(a) – Influence of disc velocity on the spread pattern position



$$Rpm_1 < Rpm_2 < Rpm_3$$

(b) – Influence of the disc velocity on the projection distance



(c) – Influence of the disc velocity on the transverse curve

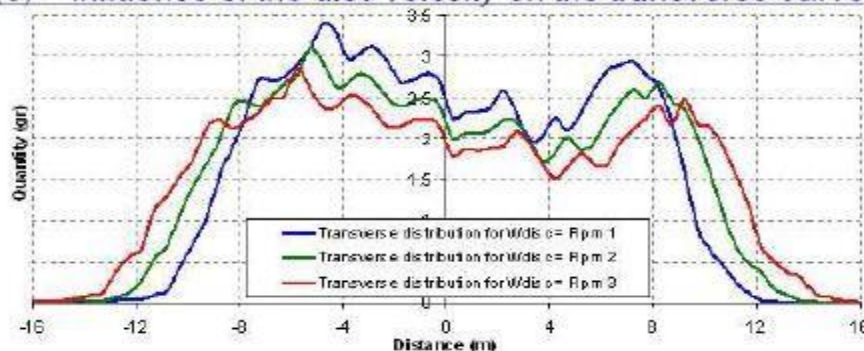


Fig 4: Consequences of disc velocity variation on the distribution

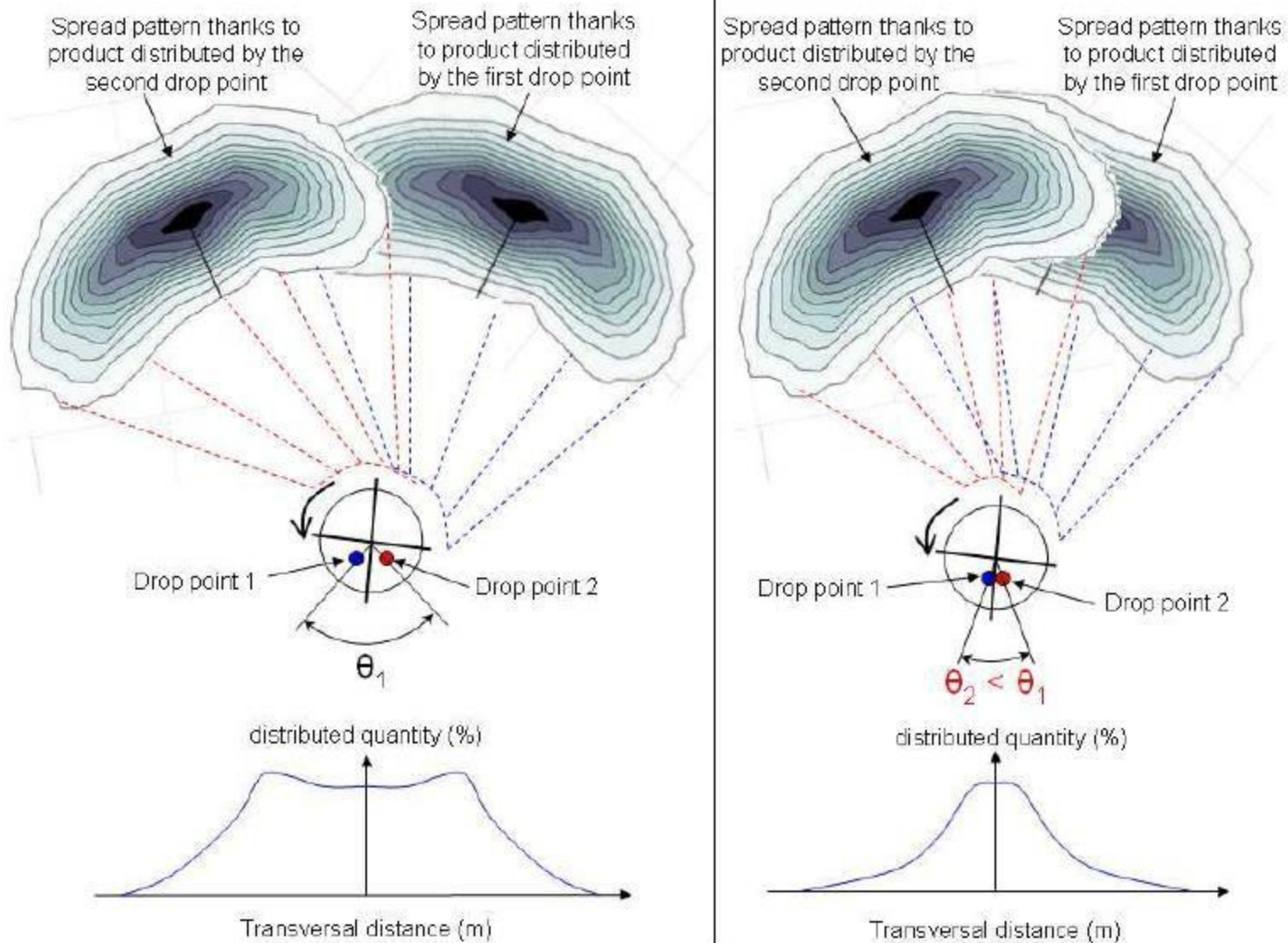
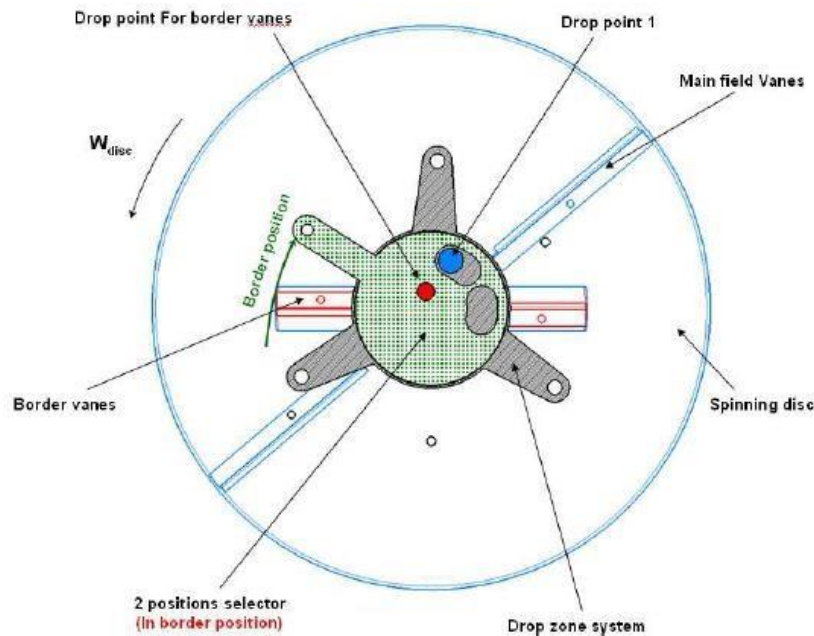


Fig 9: Consequences of different space interval between the two drop points on the spread pattern and on the transverse curve.

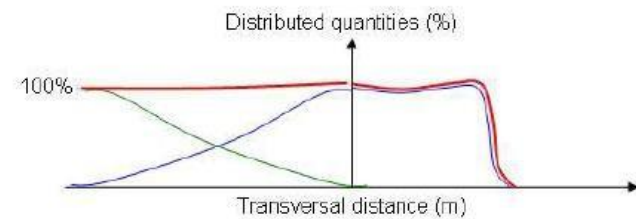
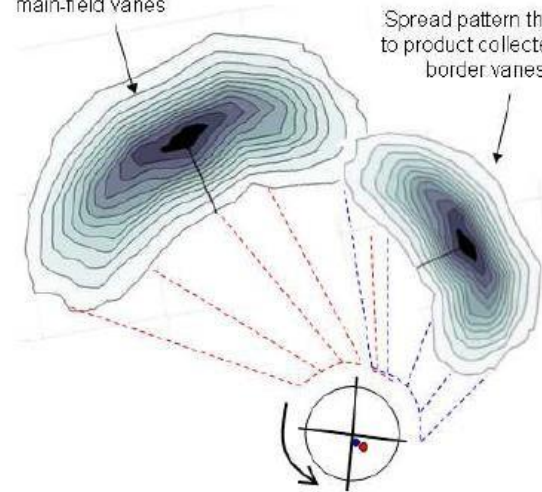


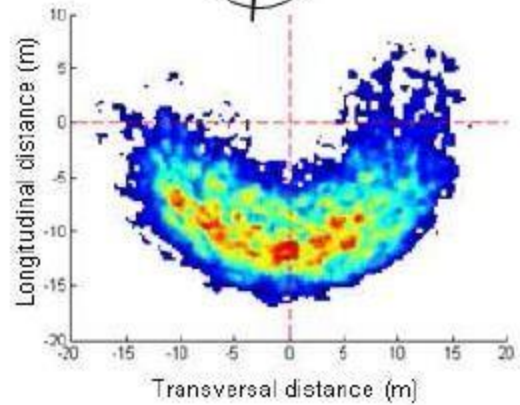
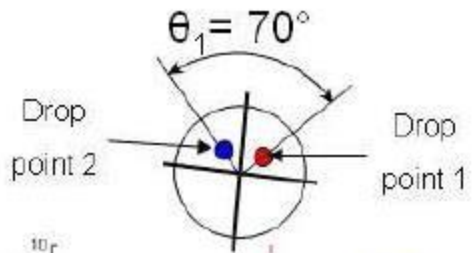
Aplicación en bordes



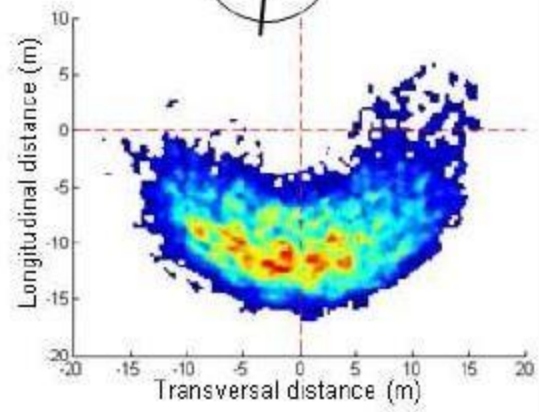
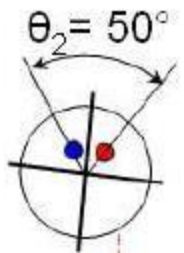
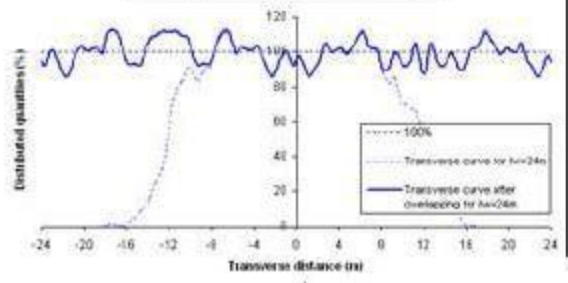
Spread pattern thanks to product collected by main-field vanes

Spread pattern thanks to product collected by border vanes

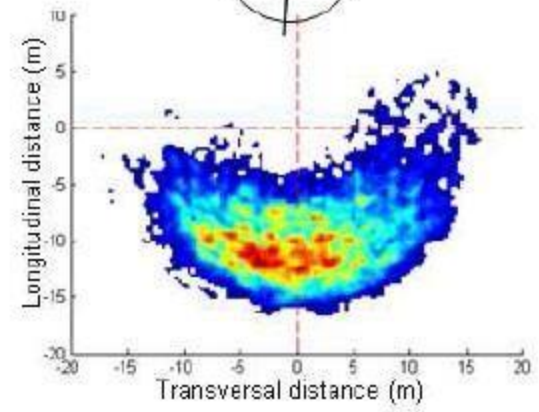
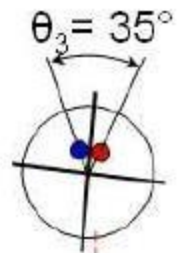
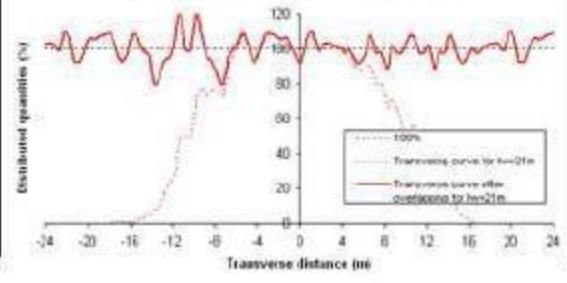




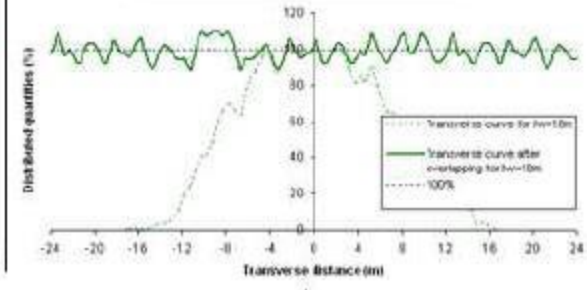
Transverse distribution for setting $iw=24m$



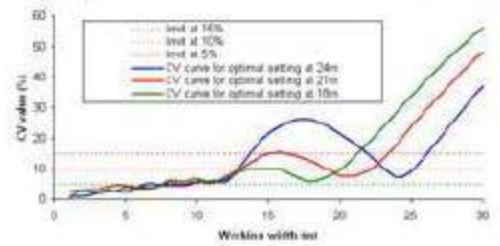
Transverse distribution for setting $iw=21m$



Transverse distribution for setting $iw=18m$



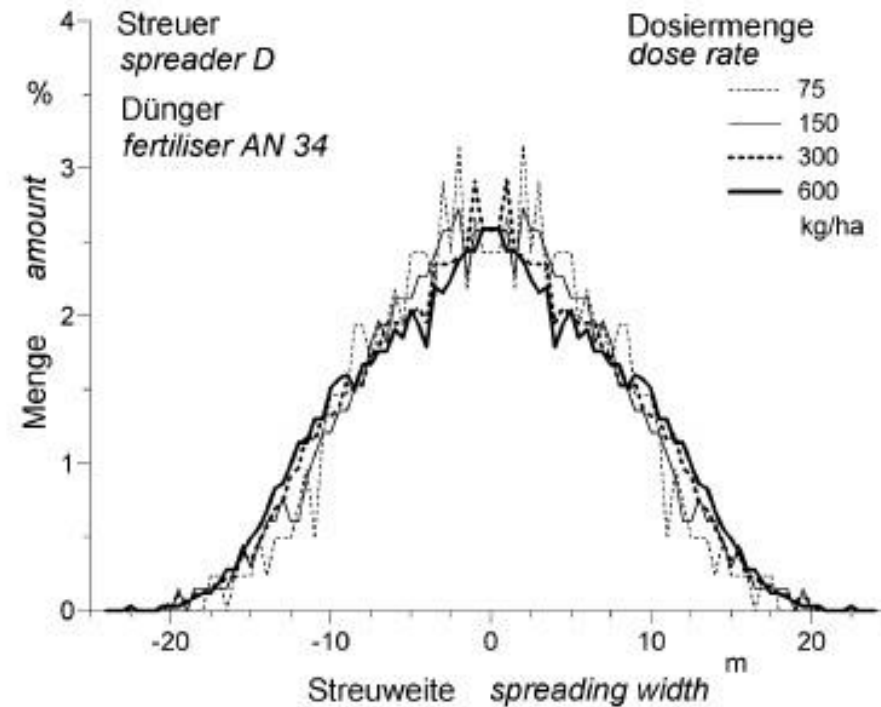
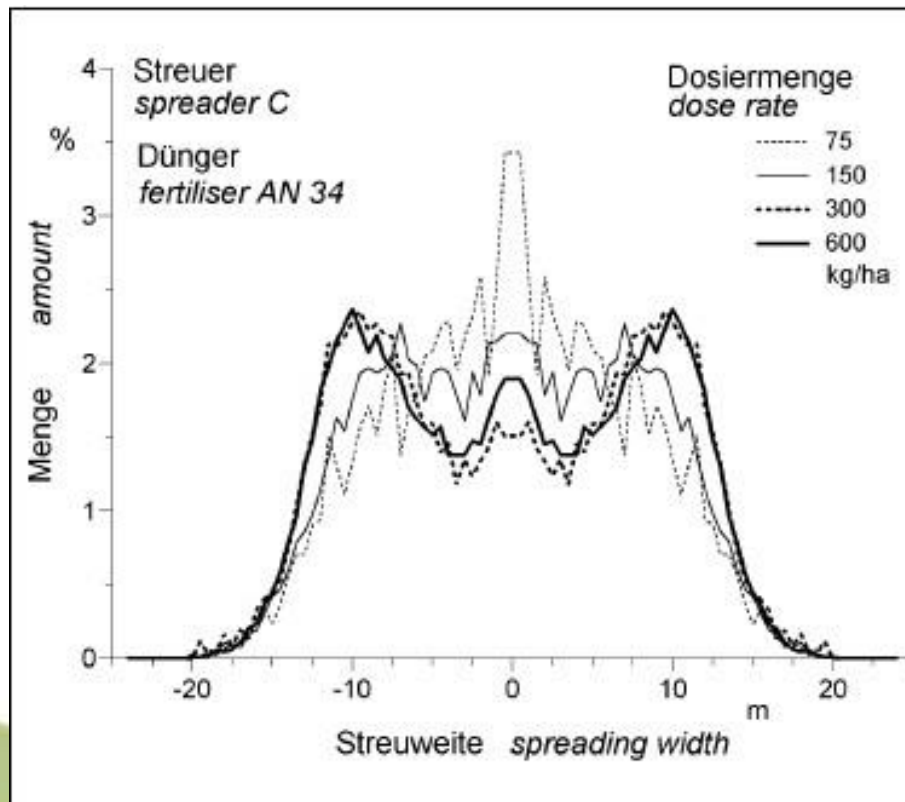
CV curves for the 3 presented mechanical settings



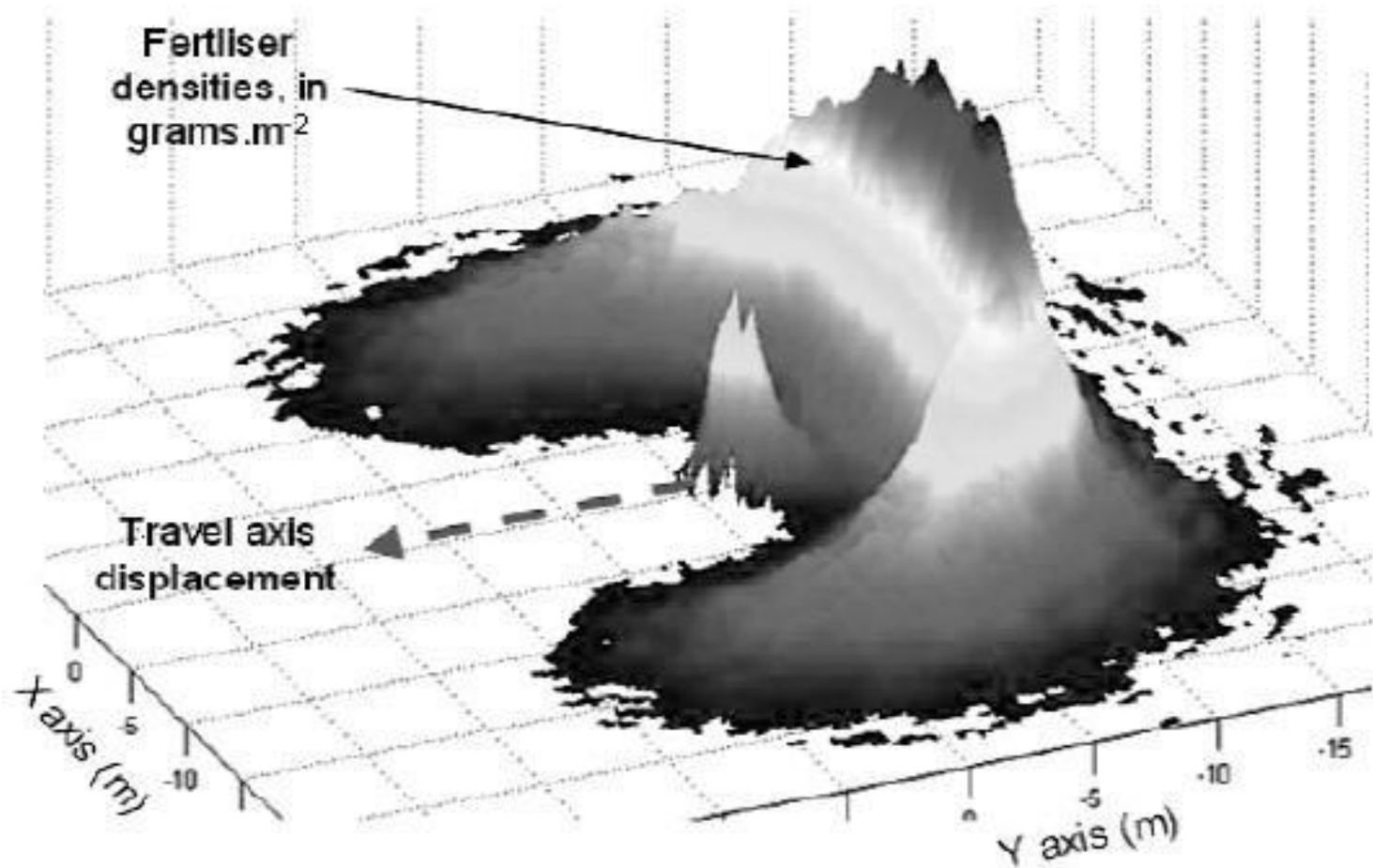
Giro de los discos en (doble disco)

- Divergente (20% a 40% de superposición)

- Convergente (70 % a 90% de superposición)



Representación tridimensional



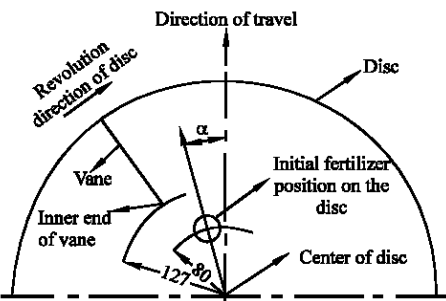
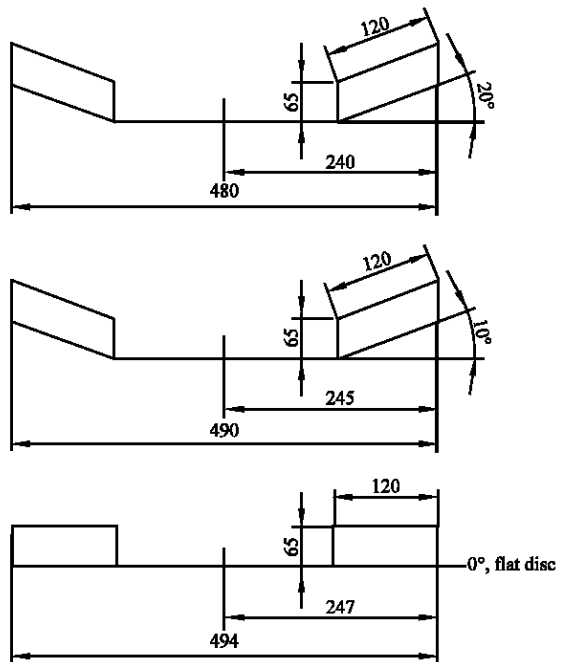
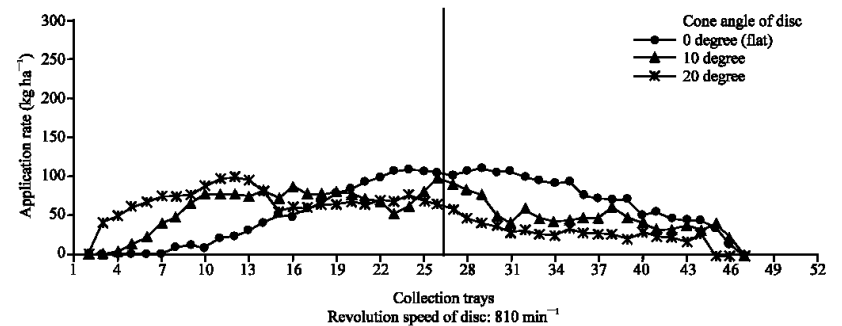
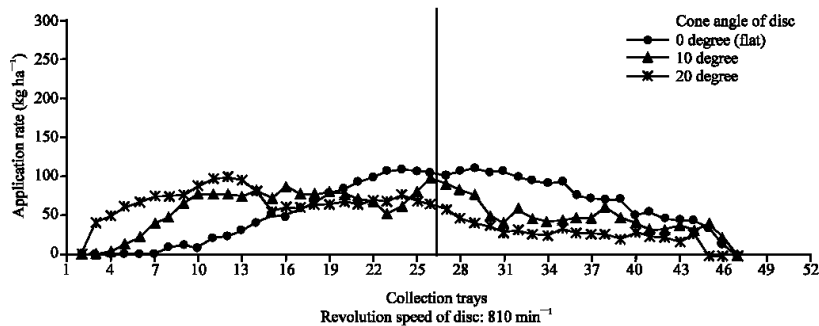
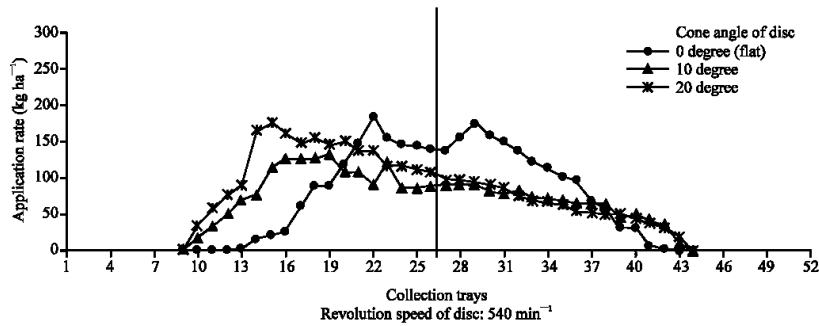
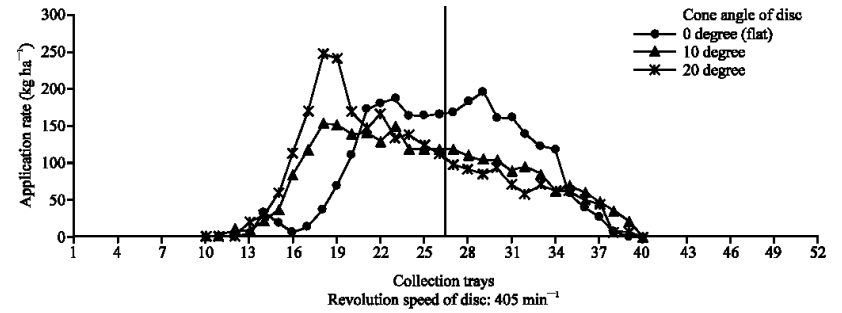
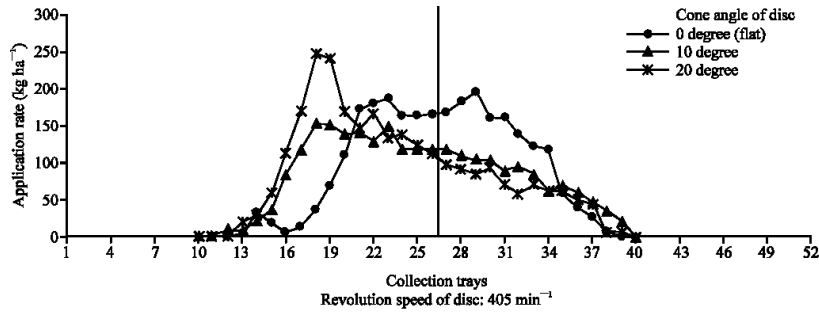
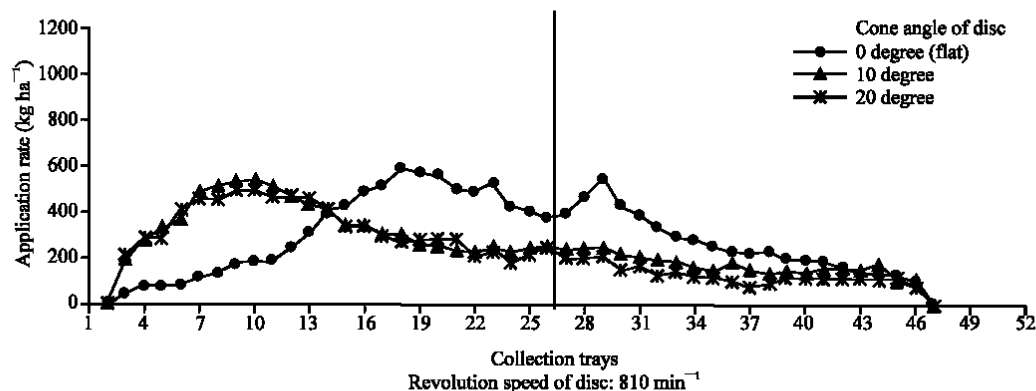
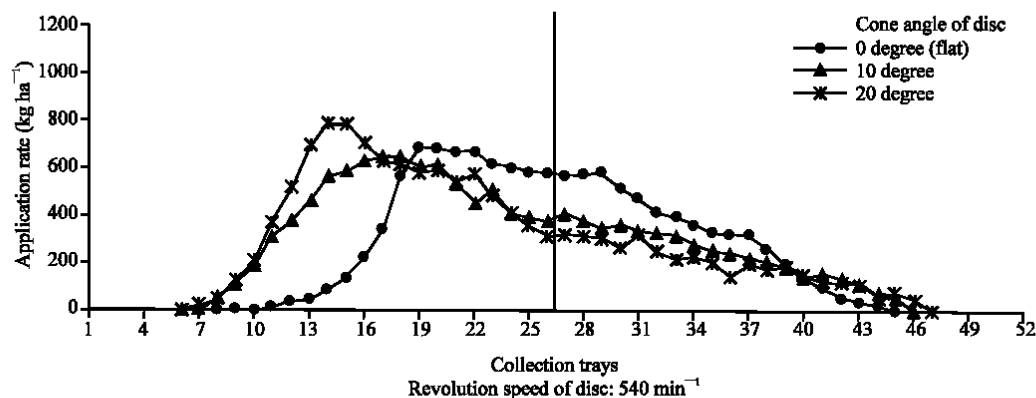
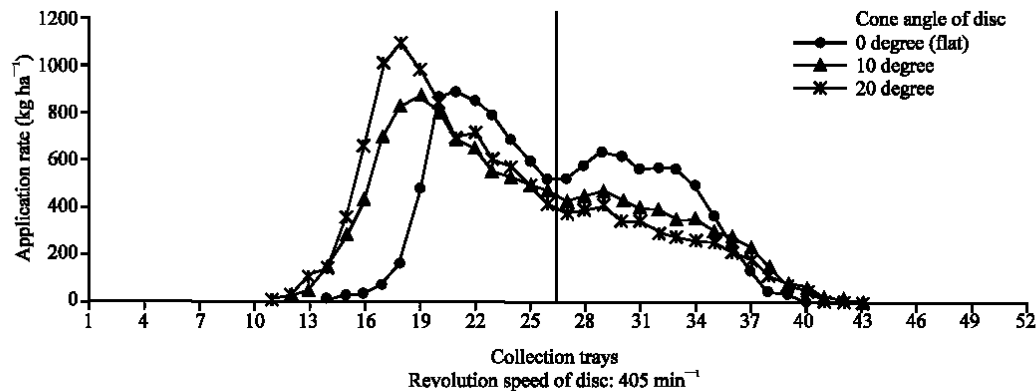


Fig. 1: Dimensions of discs and positions of orifices

- $H = 600 \text{ mm}$
- $V_a = 4,44 \text{ km.h}^{-1}$
- $Q \text{ Kg/min} =$
 - 8,88
 - 22,69
 - 43,27
- $n =$
 - 450
 - 540
 - 810





4: The distribution patterns belonging to the orifice diameter of 50 mm at the disc revolution speed of 405, 540 at 810 min^{-1} . The center of the disc passed midway between the centers of collection trays 26 and 27. Each line the graphs is the mean of three replications



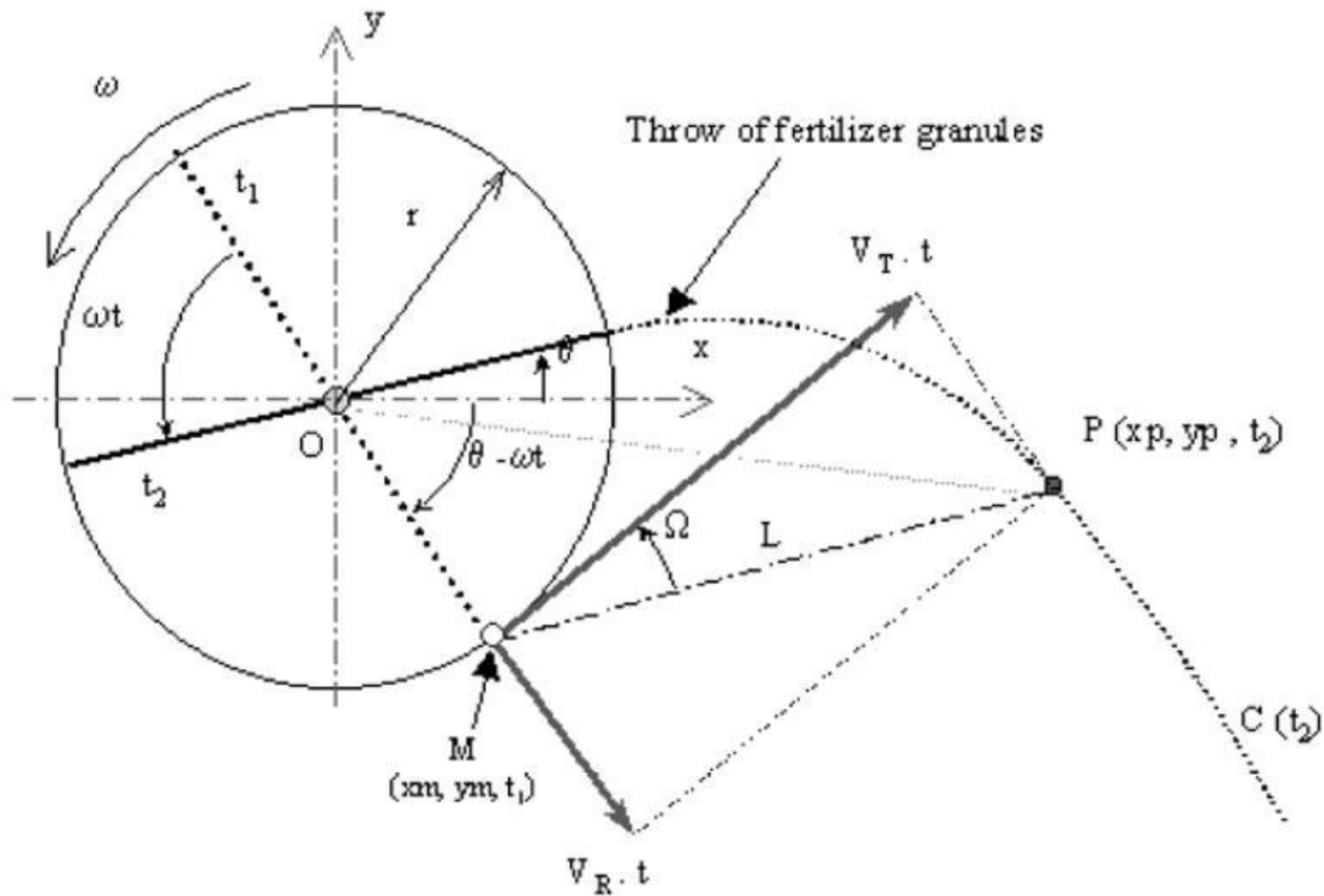
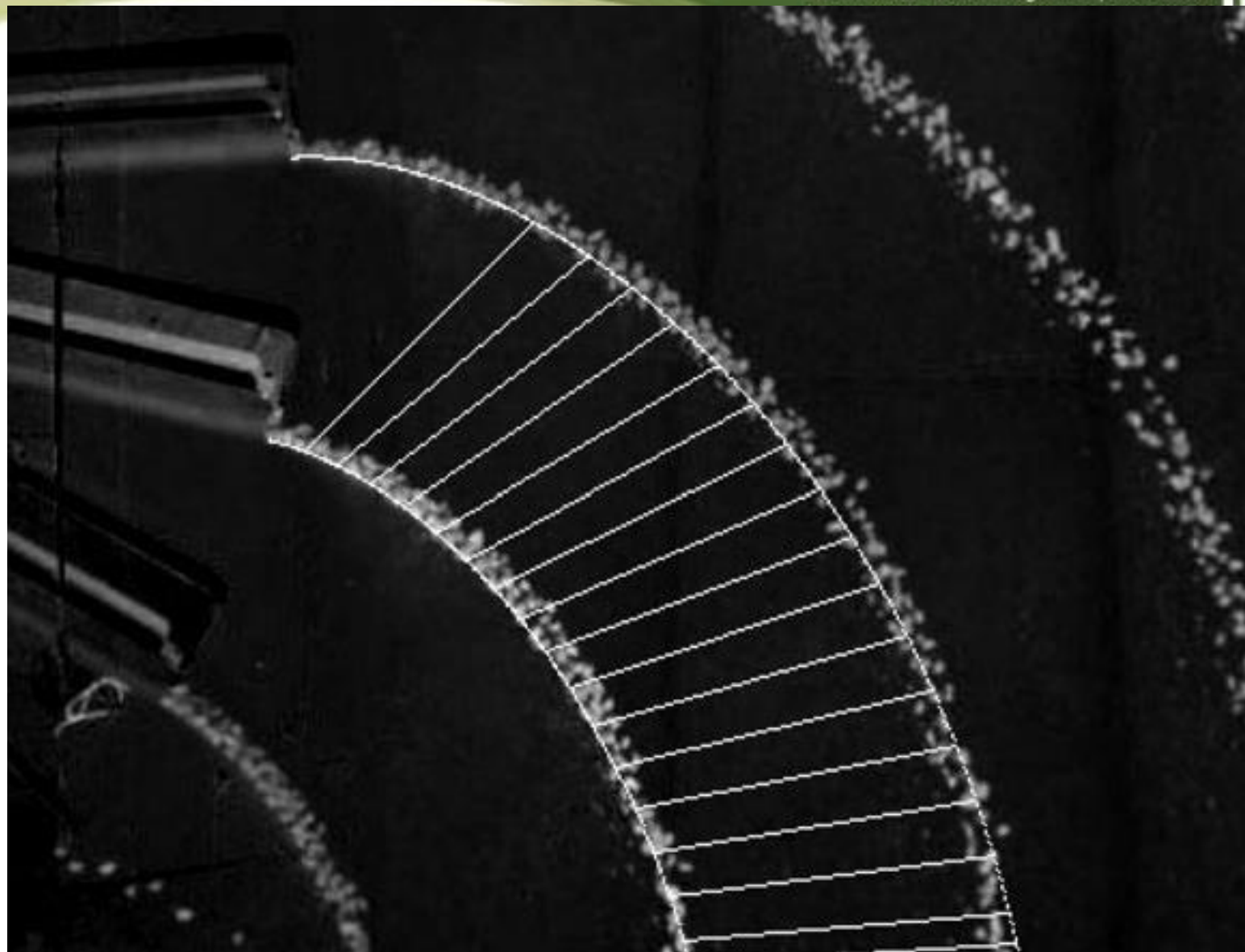
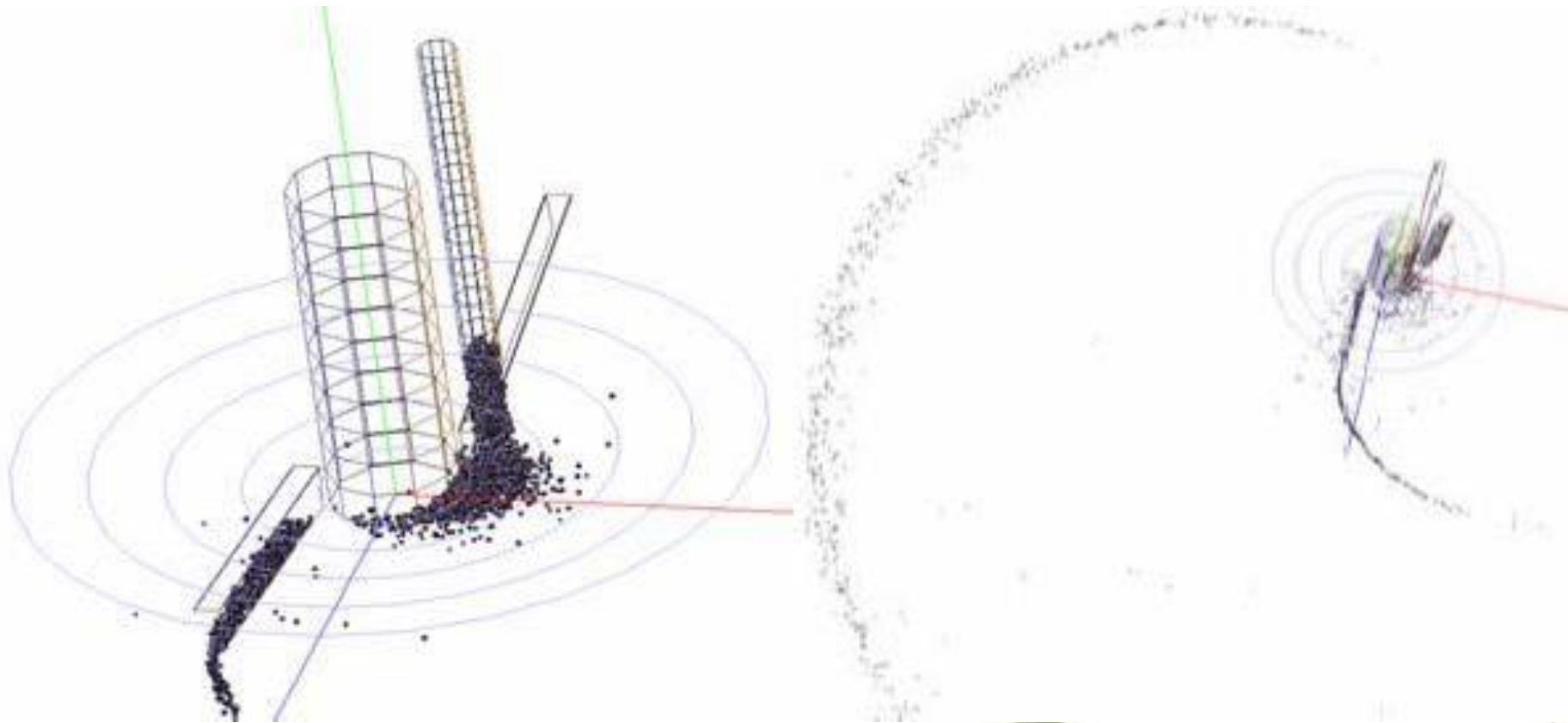


Figure 6. Scheme of a twin-blade disc at two different times t_1 and t_2 .

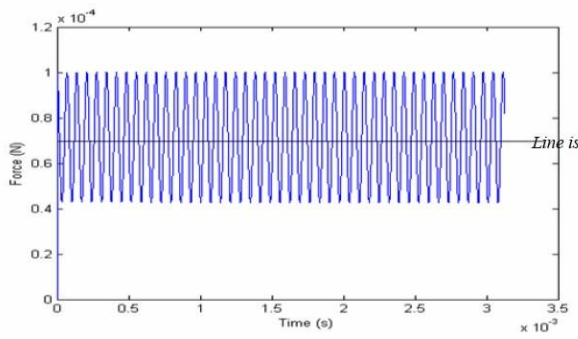
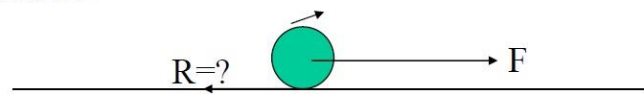


Trayectoria del conjunto de partículas

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



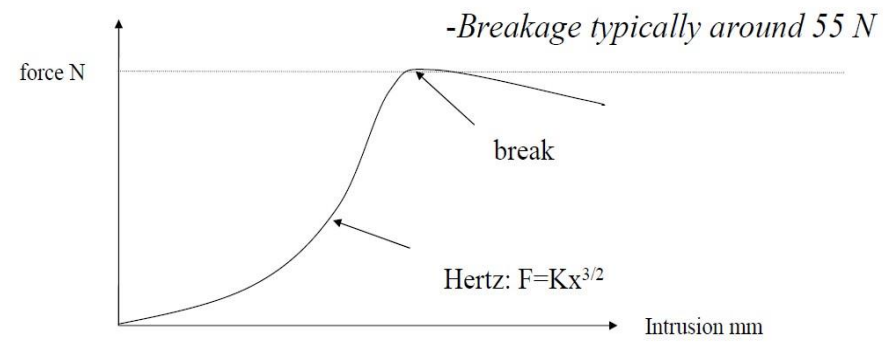
-rolling force



total force = F-R

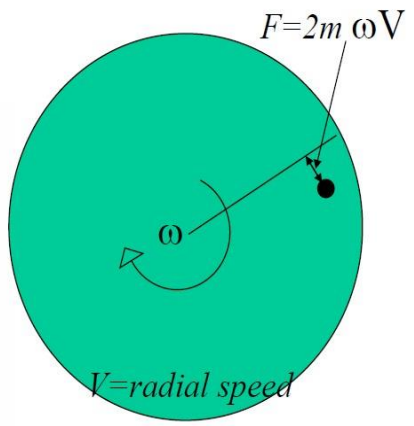
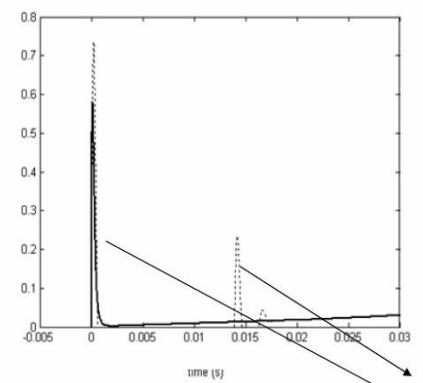
Line is analytical solution

Measuring stiffness : Compression tests of fertiliser particles



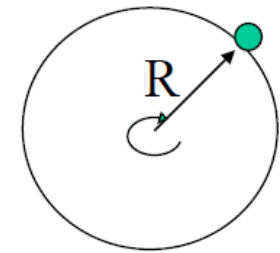
Forces involved

-Coriolis force

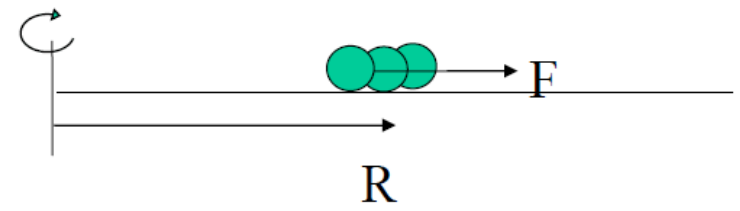


Bouncing against vane (dotted is lower damped particle)

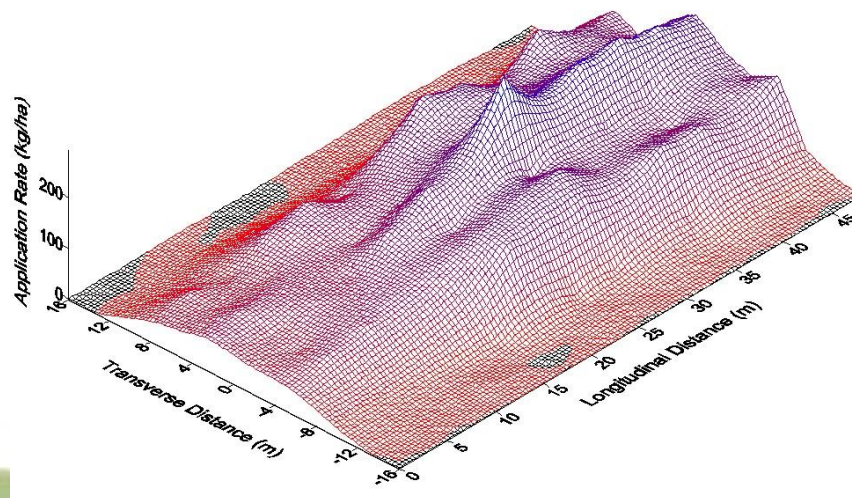
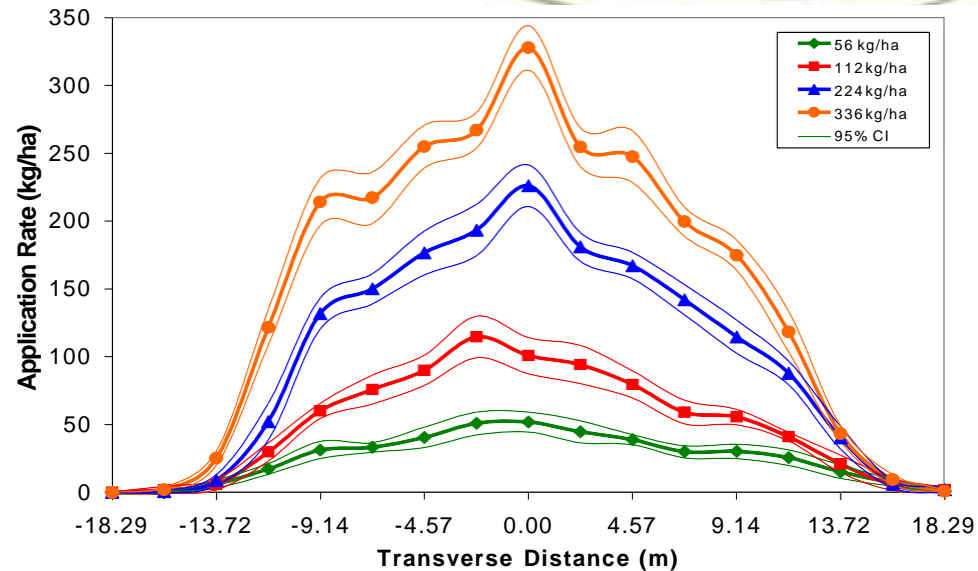
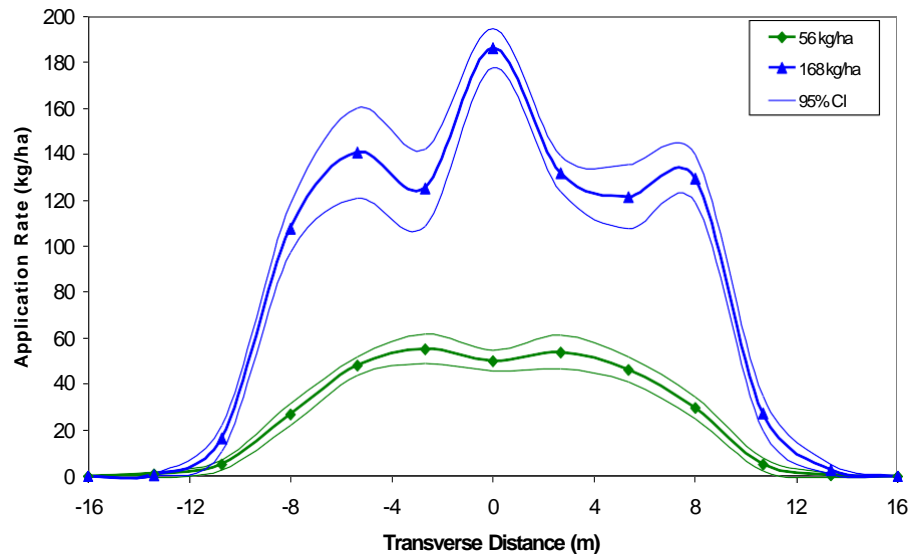
$$F = m\omega^2 R$$



analytical solution



Qué pasa con la agricultura de precisión (dosis variable de insumos) con máquinas centrífugas?



Variaciones en el desplazamiento longitudinal

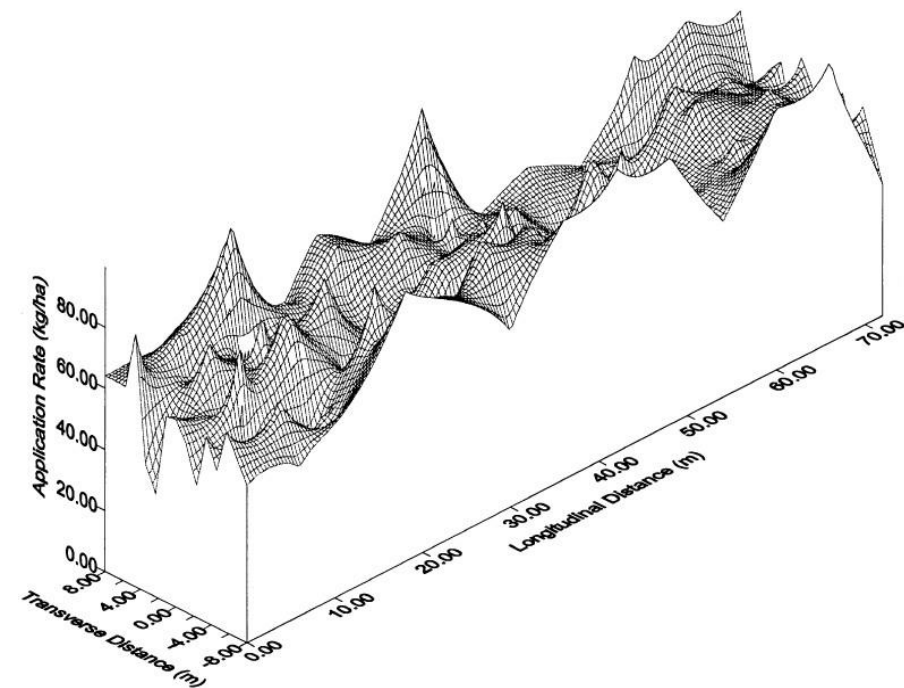


Figure 10. Actual uniform 56.0 kg/ha application surface for multiple-pass test.

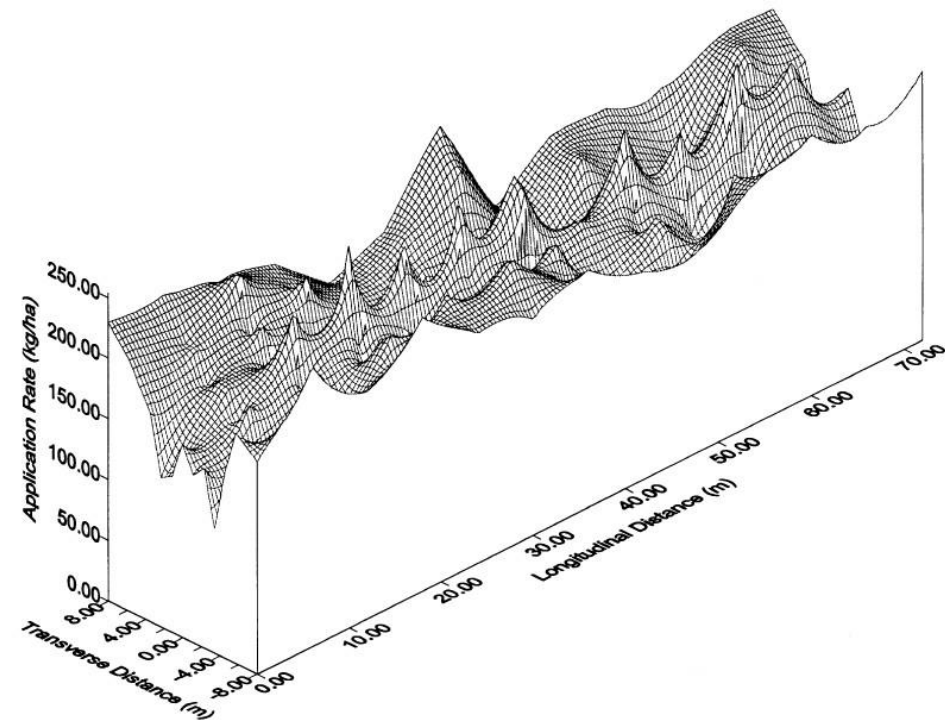


Figure 11. Actual uniform 168.1 kg/ha application surface for multiple-pass test.



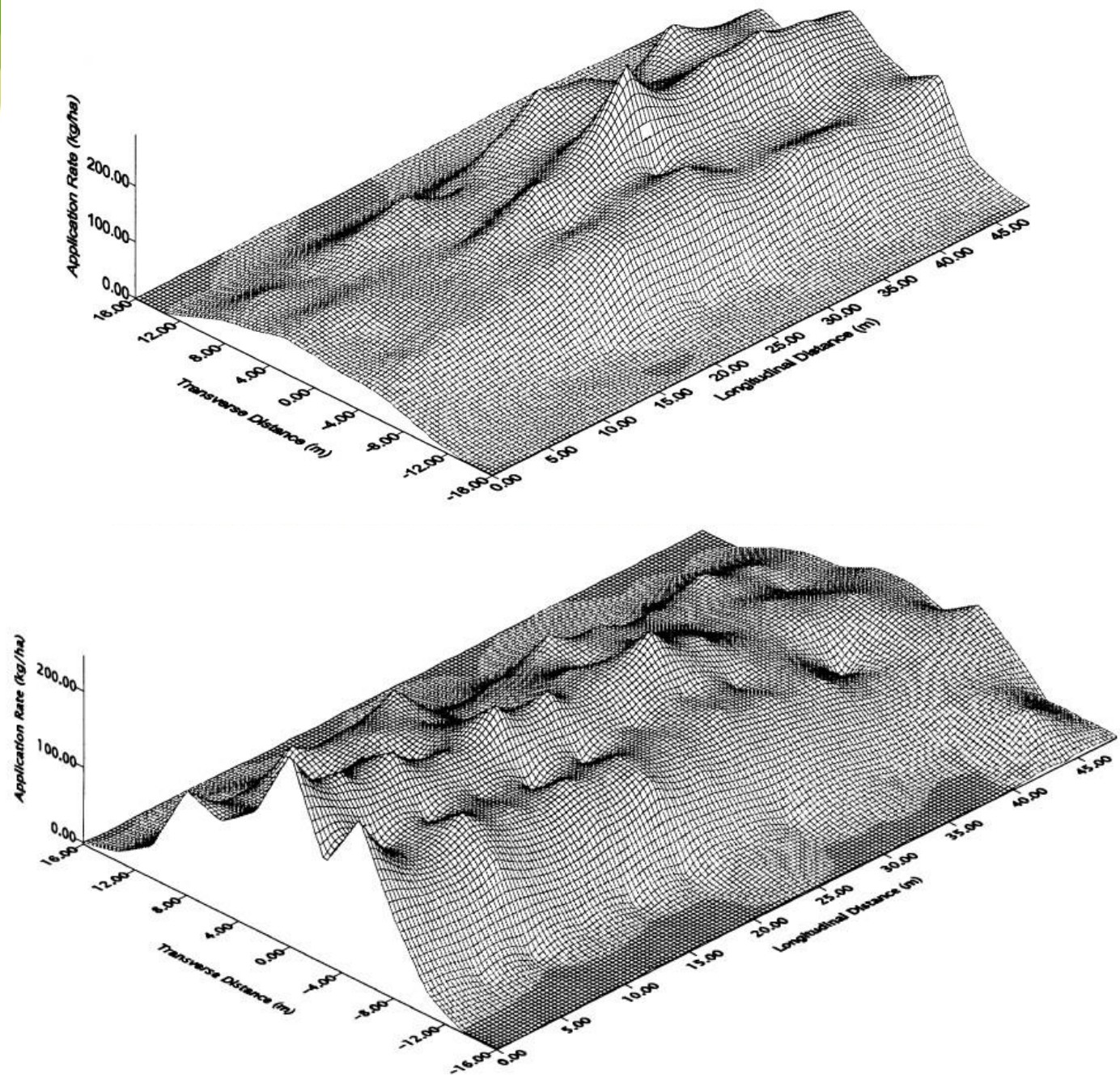
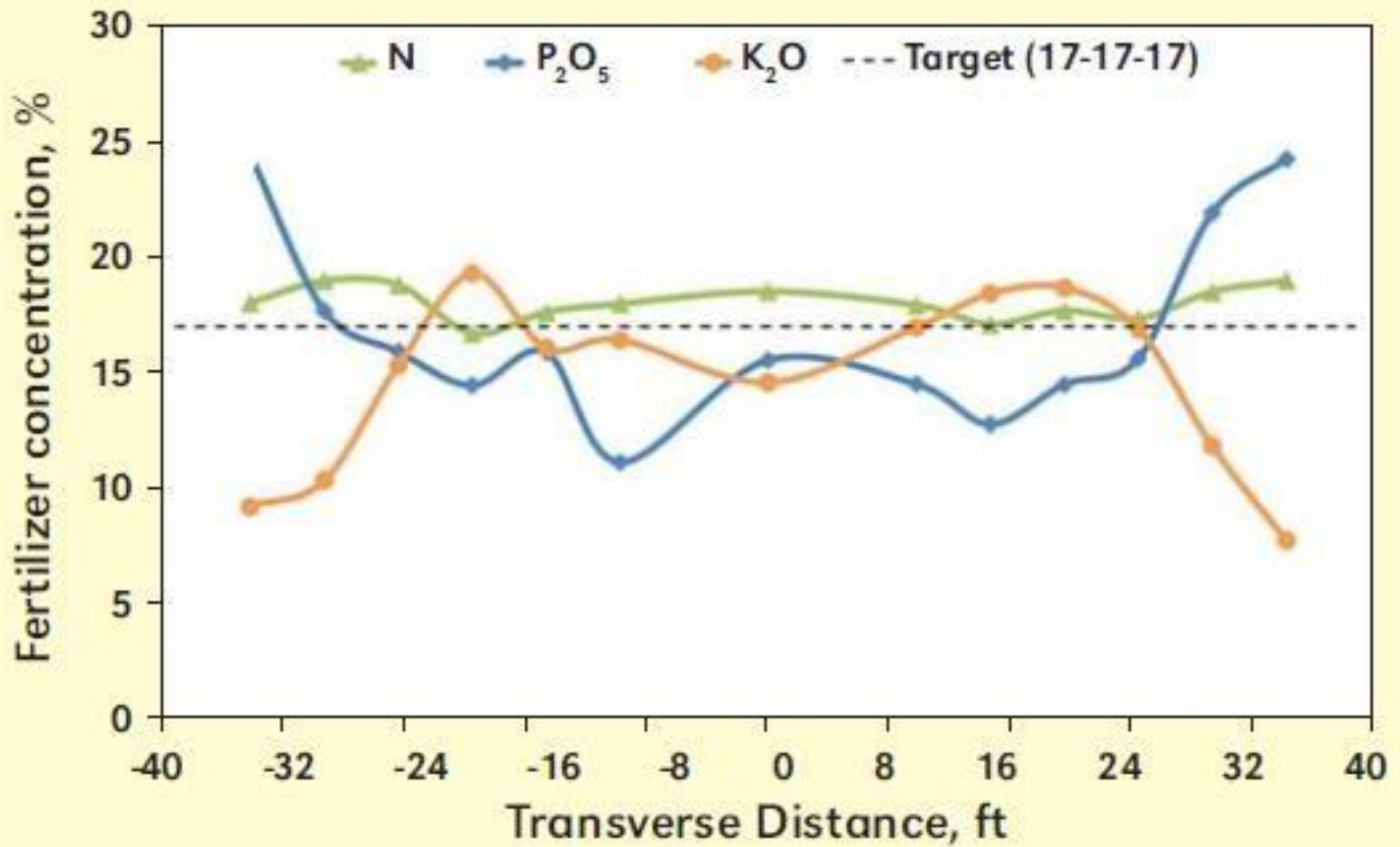


Figure 13. Rate change application surface for spinner spreader truck (change from 168.1 to 56.0 kg/ha).



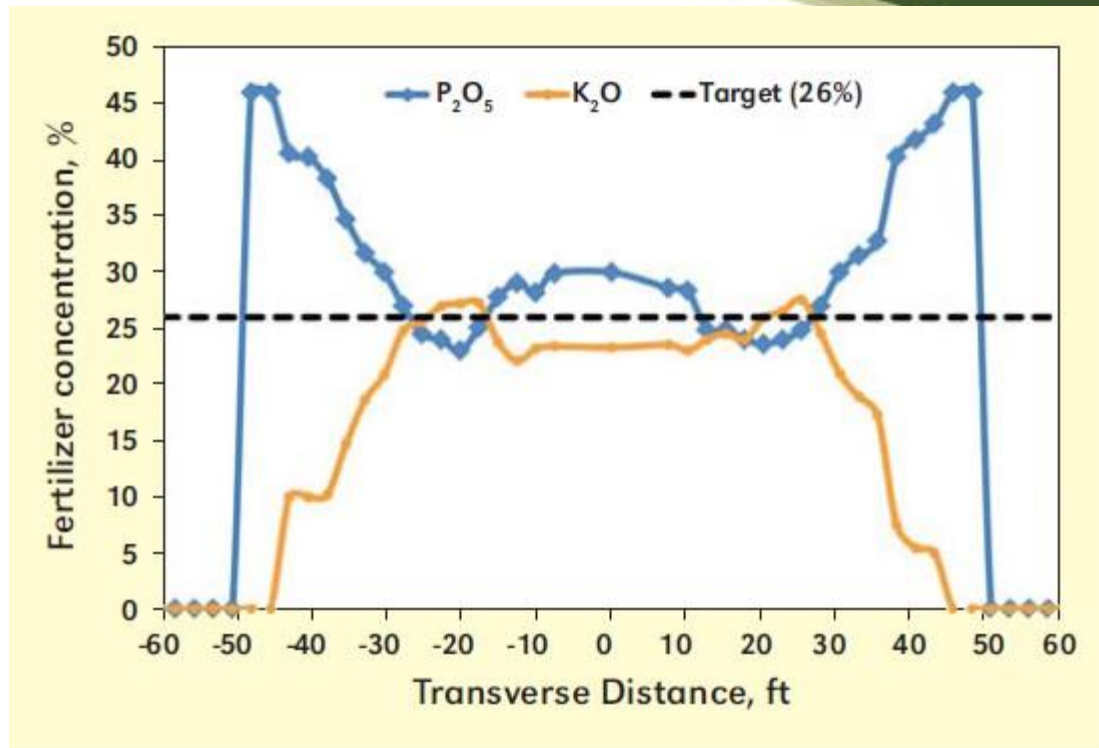
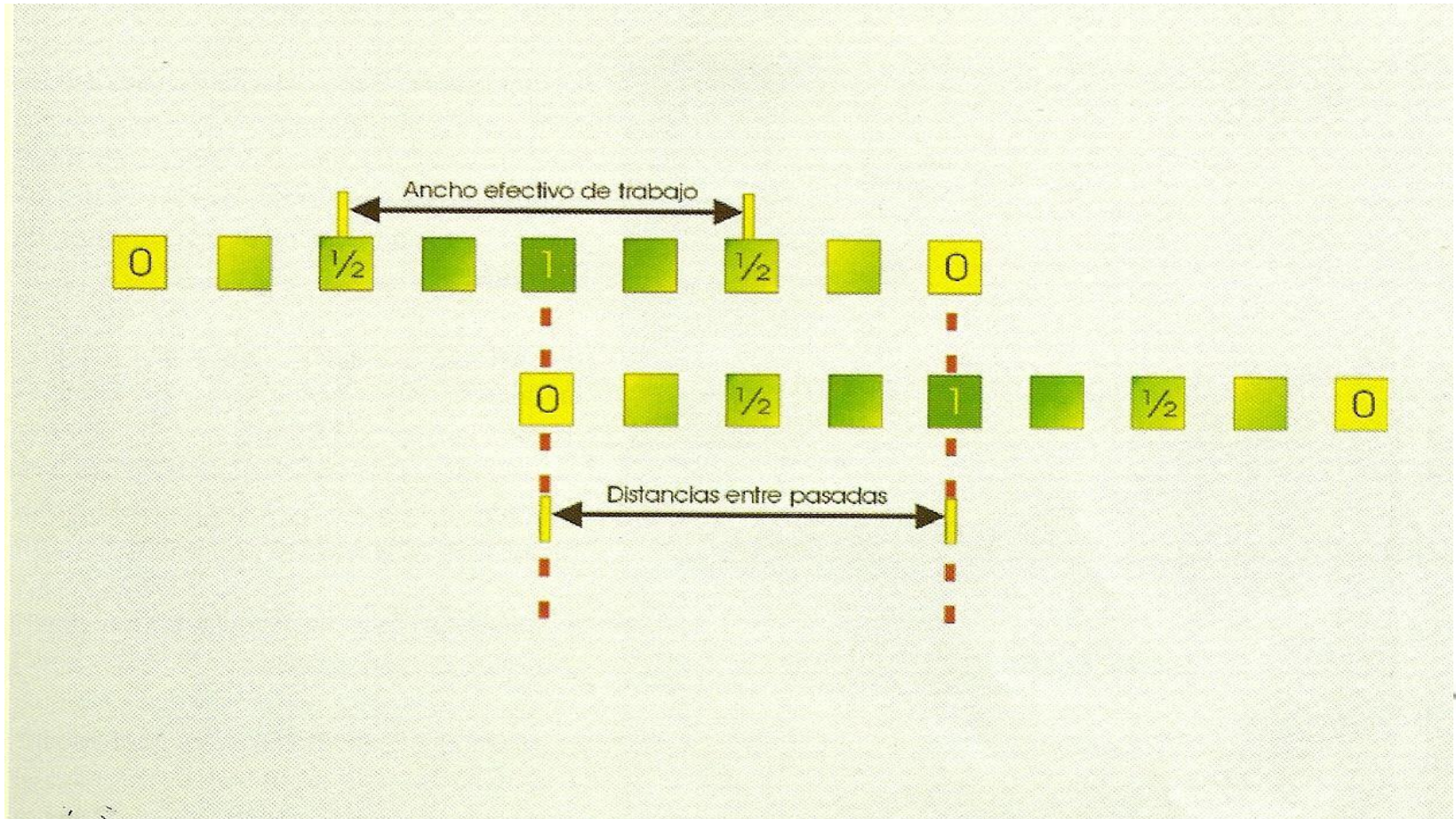


Figure 2. Nutrient concentration across the spread width for Blend 2 (0-26-26) with a spreader setup at a 70 ft. spread width. Reported data are the mean of three pan tests.

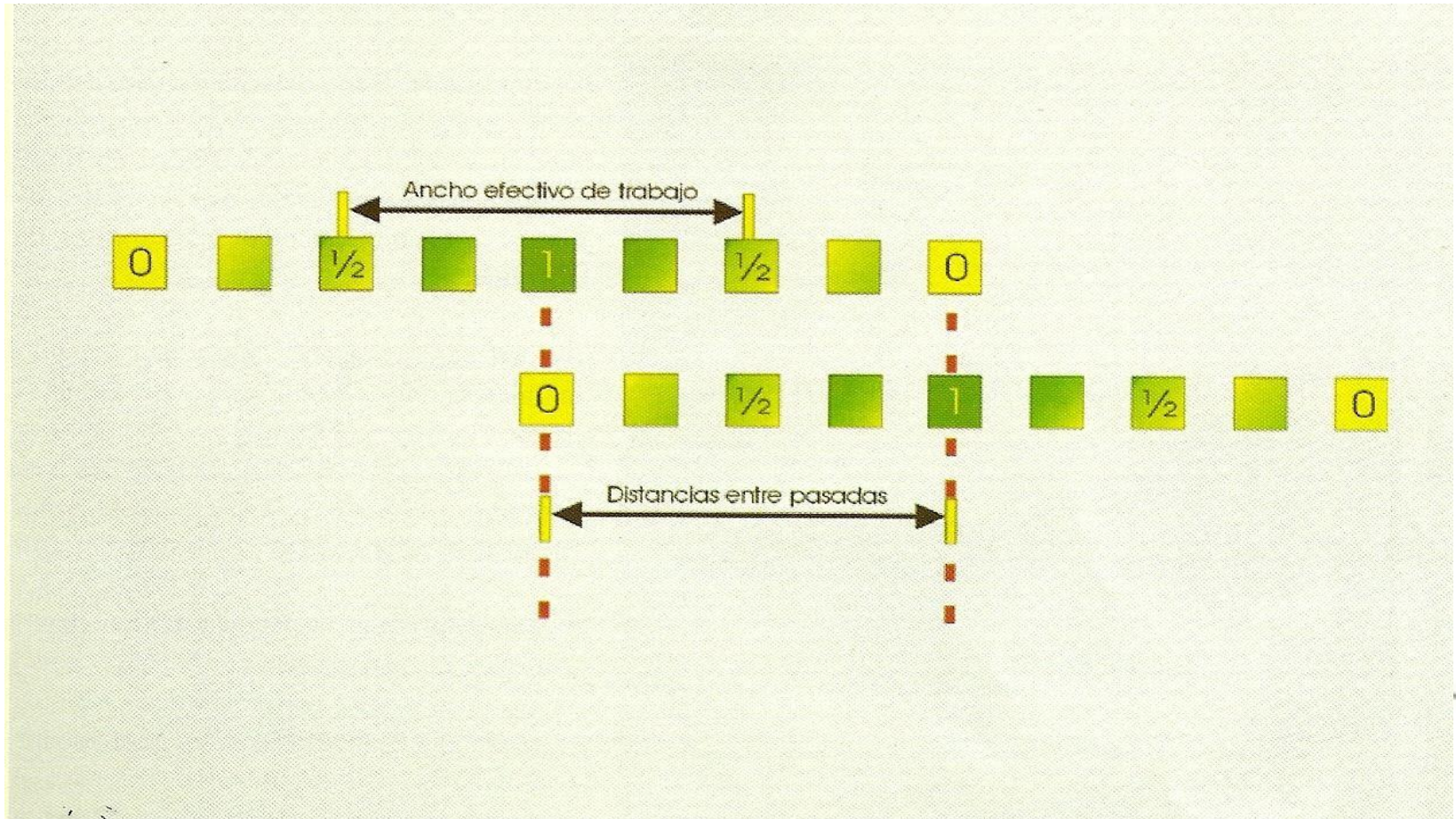
Ancho de trabajo

Para un perfil triangular



Ancho de trabajo

Para un perfil triangular



Planilla de datos

Lado Izquierdo				Lado Derecho			
Caja n°	Peso (g)	Solap. (%)	Valores Acumulados	Caja n°	Peso (g)	Solap. (%)	Valores Acumulados
8	36			9	36		
7	35			10	38		
6	39			11	44		
5	42			12	35		
4	34			13	30		
3	18			14	20		
2	12			15	13		
1	3			16	3		
Media= 27,4 g							

Valores de tolerancias máximas y mínimas para determinar el solapado:

Tolerancia 30%

$$\text{valor medio} - 30\% = 19,18 \text{ g}$$

Lado Izquierdo				Lado Derecho			
Caja n°	Peso (g)	Solapamiento (%)	Valores Acumulados	Caja n°	Peso (g)	Solapamiento (%)	Valores Acumulados
8	36			9	36		
7	35			10	38		
6	39			11	44		
5	42			12	35		
4	34			13	30		
3	18	X		14	20	X	
2	12	X		15	13	X	
1	3	X		16	3	X	
Media= 27,4 g							
% de Solapamiento= 18,75							

Ancho de trabajo:

$$13 \text{ cajas} \times (0,55) = 7,15 \text{ m}$$

Lado Izquierdo				Lado Derecho			
Caja n°	Peso (g)	Solap. (%)	Valores Acumulados	Caja n°	Peso (g)	Solap. (%)	Valores Acumulados
8	36		36	9	36		36
7	35		35	10	38		38
6	39		39	11	44		44
5	42		42	12	35		35
4	34		34	13	30		30
3	18	X		14	20	X	23
2	12	X		15	13	X	25
1	3	X		16	3	X	21
Media= 27,4 g							
% de Solapamiento= 18,75							

Nota: se superpone lado izquierdo con derecho

Ancho de trabajo efectivo

izquierda

3-12-18-34-42-39-35-36-36-38

3-12-18-34-42-39-35-36-36-38-44-35-30-20-13-3

derecha

13 bandejas

$$13 \times (0,55) = 7,15 \text{ m}$$

Determinación de la calidad de aplicación

Mediante el C.V. de la población de datos

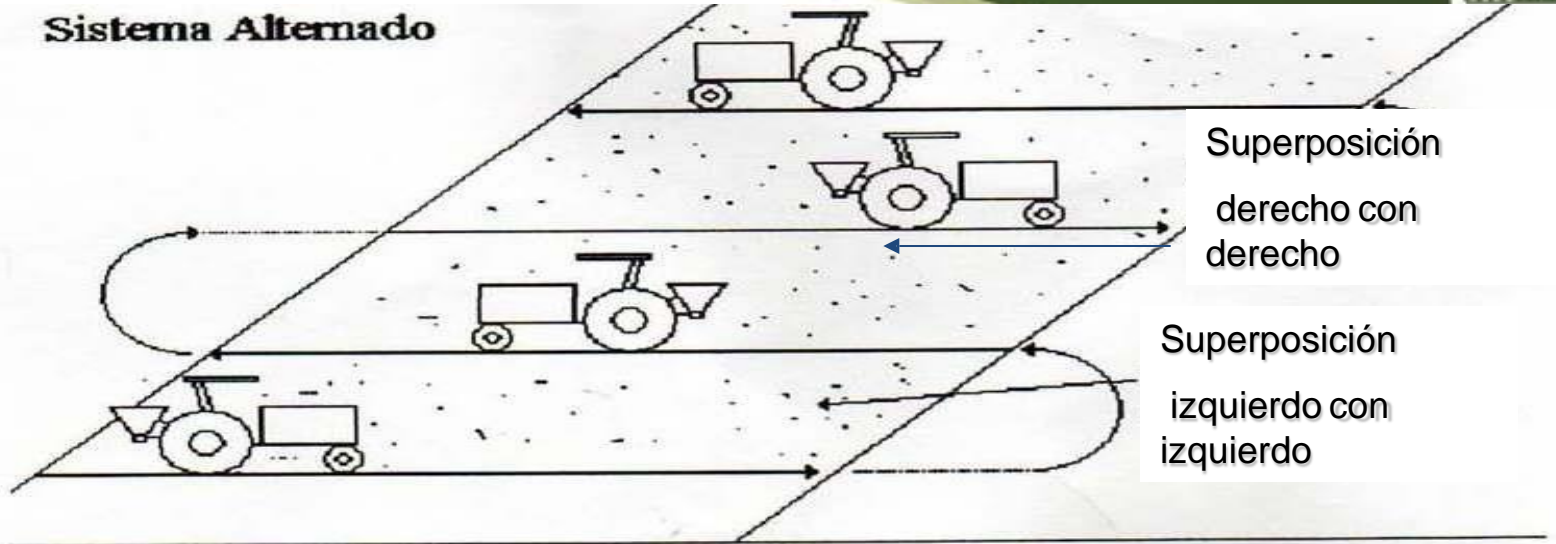
$$CV = \frac{\text{Desv. Est (S)}}{\bar{X}} \times 100$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

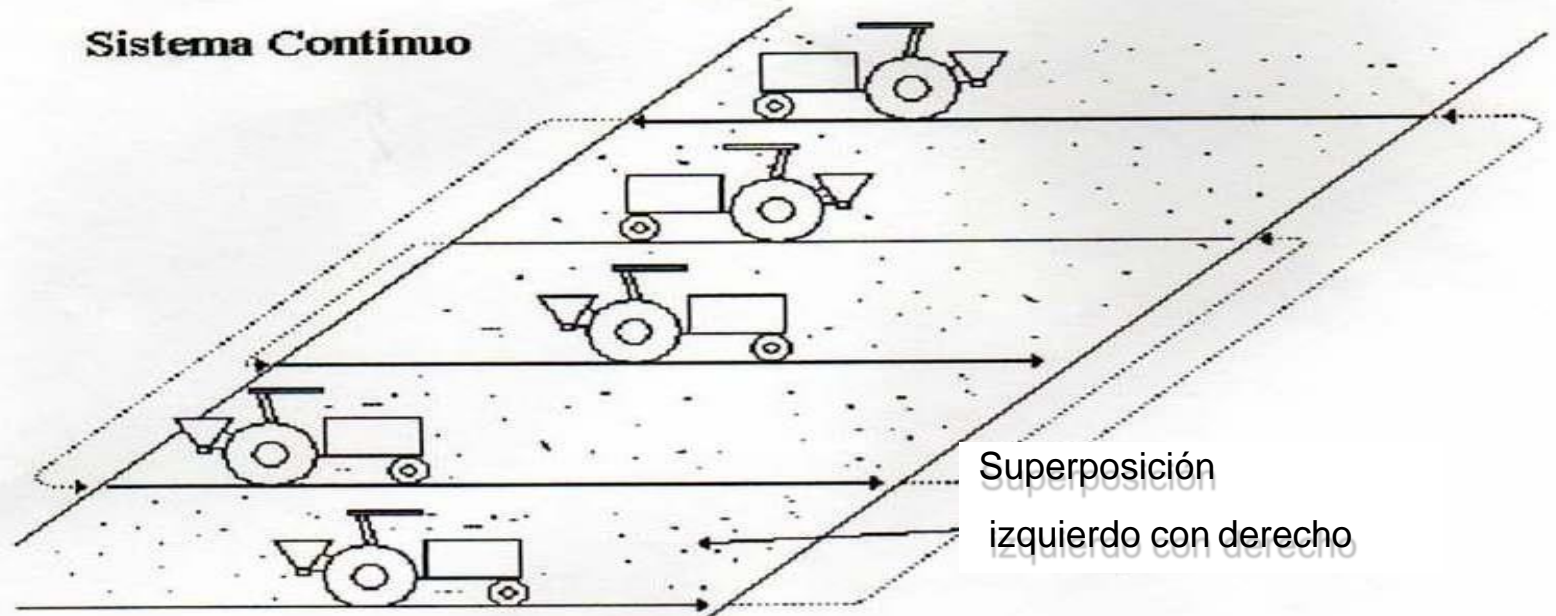
Ensayos en laboratorio	Interpretación	Pruebas de campo
$0 < CV < 10\%$	Bueno – Muy bueno	$0 < CV < 15\%$
$10 < CV < 15\%$	Aceptable	$15 < CV < 25\%$
$> 15\%$	Malo – A desechar	$> 25\%$

Formas de trabajo

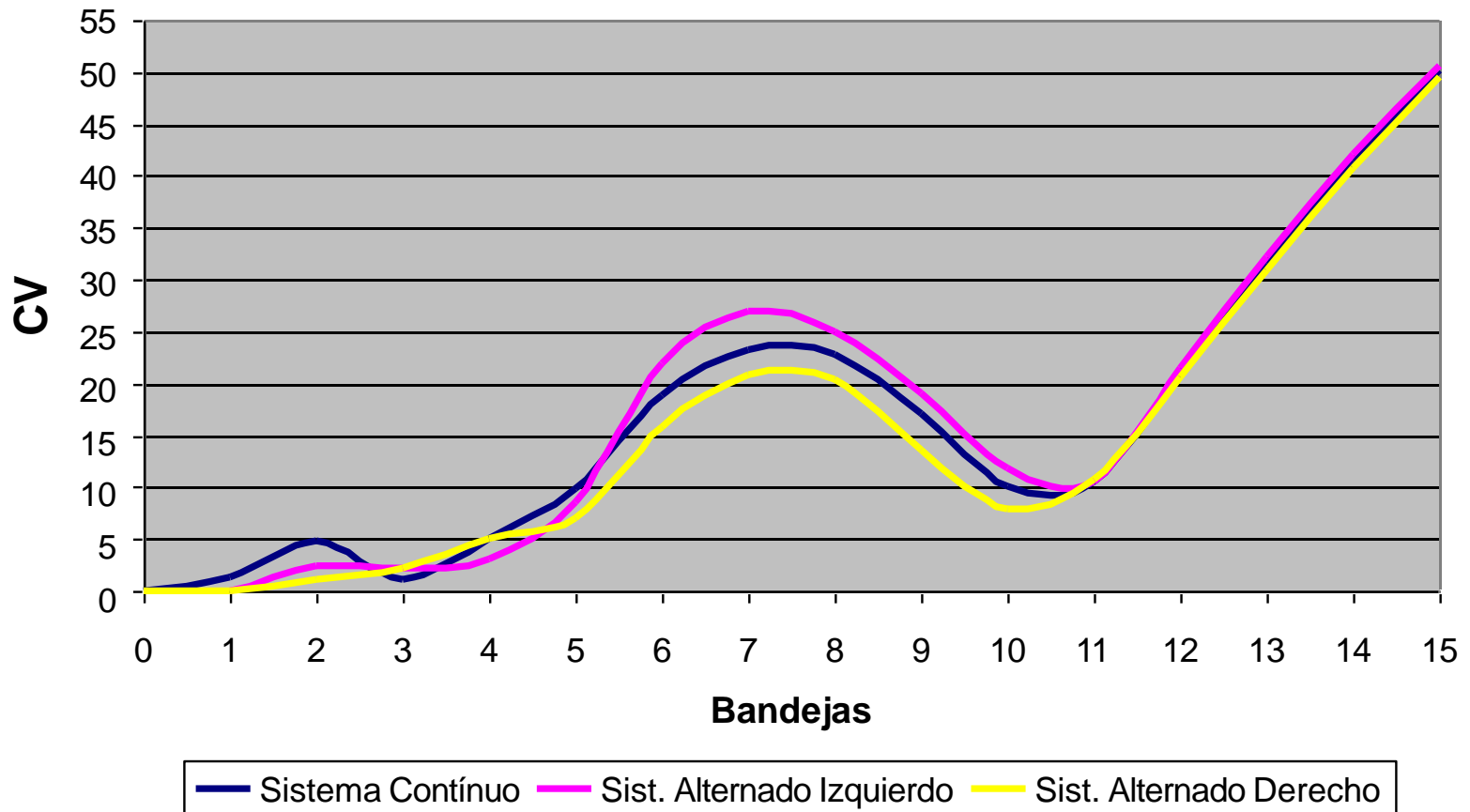
Sistema Alternado



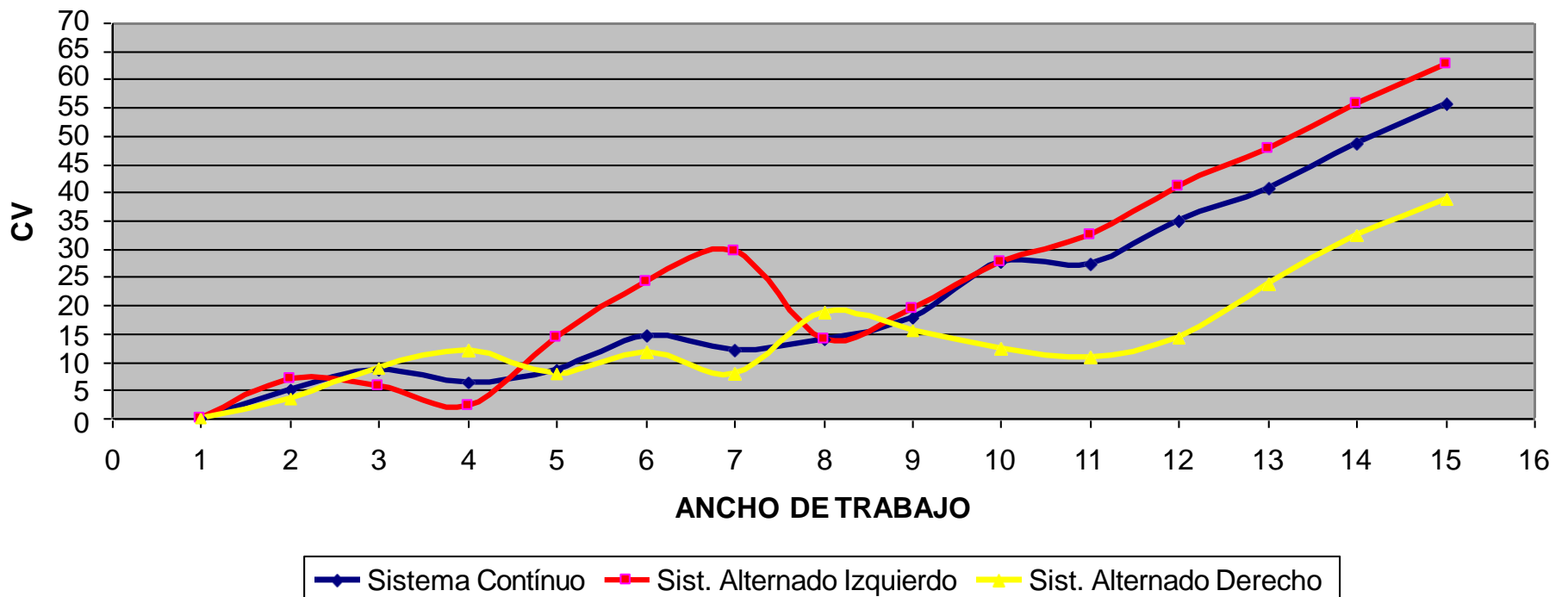
Sistema Continuo



Determinación del ancho efectivo



DETERMINACIÓN DEL ANCHO EFECTIVO DE TRABAJO



Fertilización líquida



Algunas ventajas:

- ❖ Dosificación precisa, uniformidad
- ❖ Capacidad de trabajo
- ❖ Independencia de la humedad
- ❖ Compatibilidad de agroquímicos
- ❖ Eficiencia en aplicaciones superficiales, baja volatilización
- ❖ Menores costos operativos, fácil almacenamiento

Algunas desventajas:

- ❖ Corrosión
- ❖ Concentración de producto
- ❖ Logística de distribución del producto



Ubicación del fertilizante líquido

- Superficial
 - Chorreado en la línea
 - Cobertura total en presiembra
 - Chorreado en pos emergencia
- Incorporado
 - Presiembra
 - A la siembra
 - Con fertilizadoras adaptadas



Aplicación en cobertura total y por chorreo

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



www.technidea.com.ar

MECANIZACIÓN
FCAyF



Fertilización líquida a la siembra

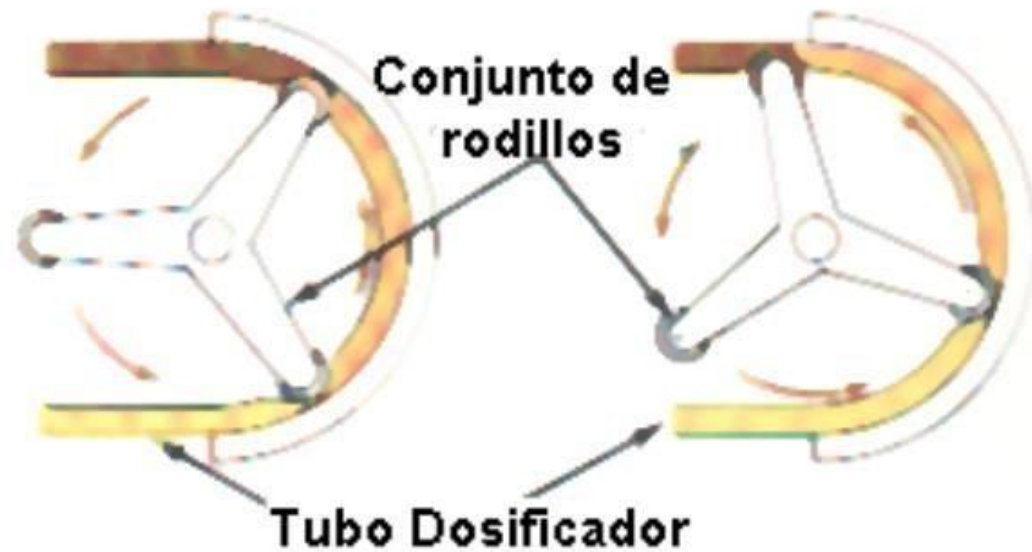
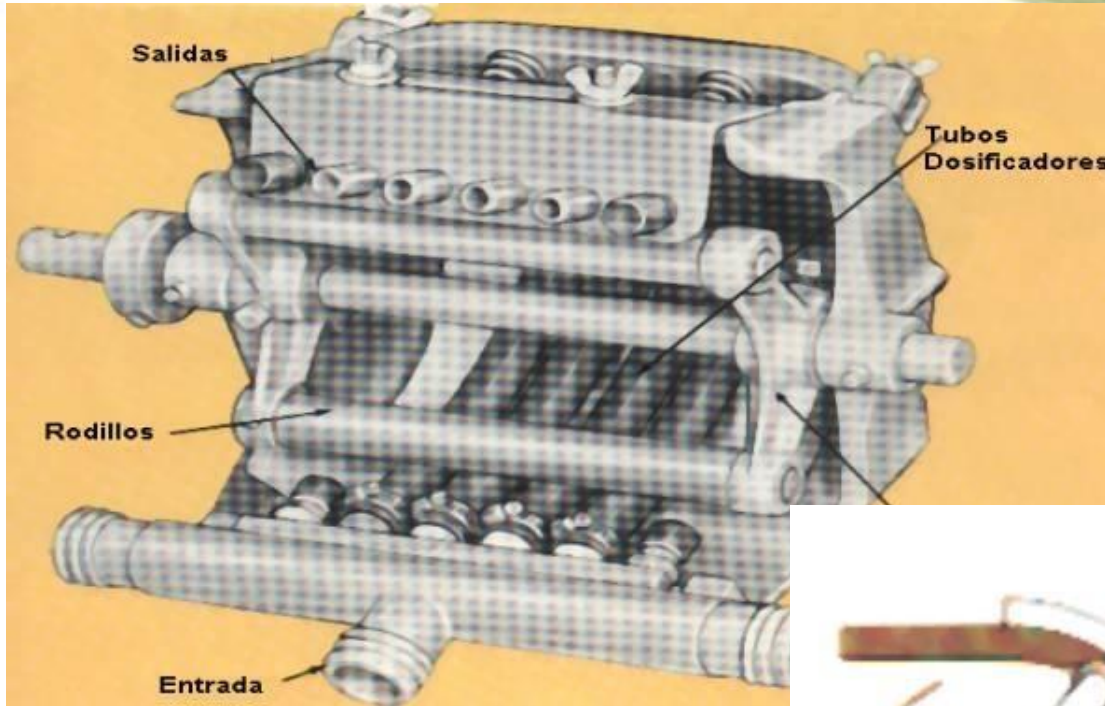


Aplicación de líquidos con fertilizadoras



Fertilizante líquido: bombas peristálticas

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



Aplicación de amoníaco anhidro

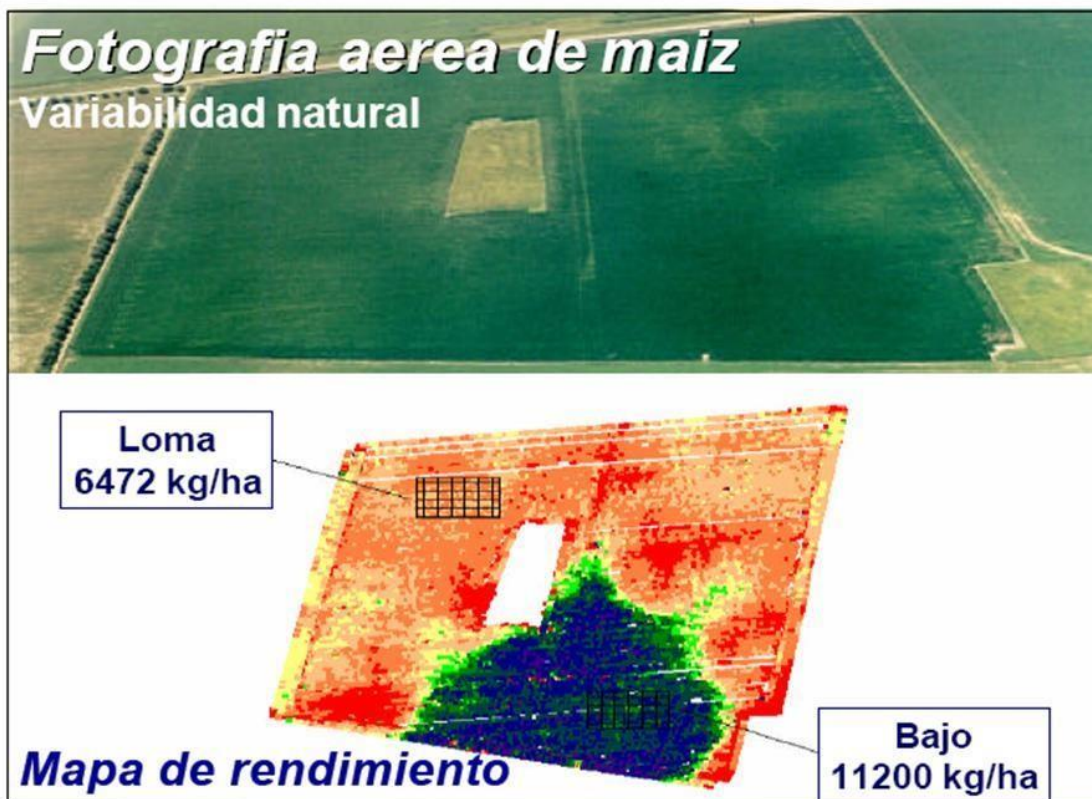
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



MECANIZACIÓN
FCAyF



La misma dosis para todo el cuadro?



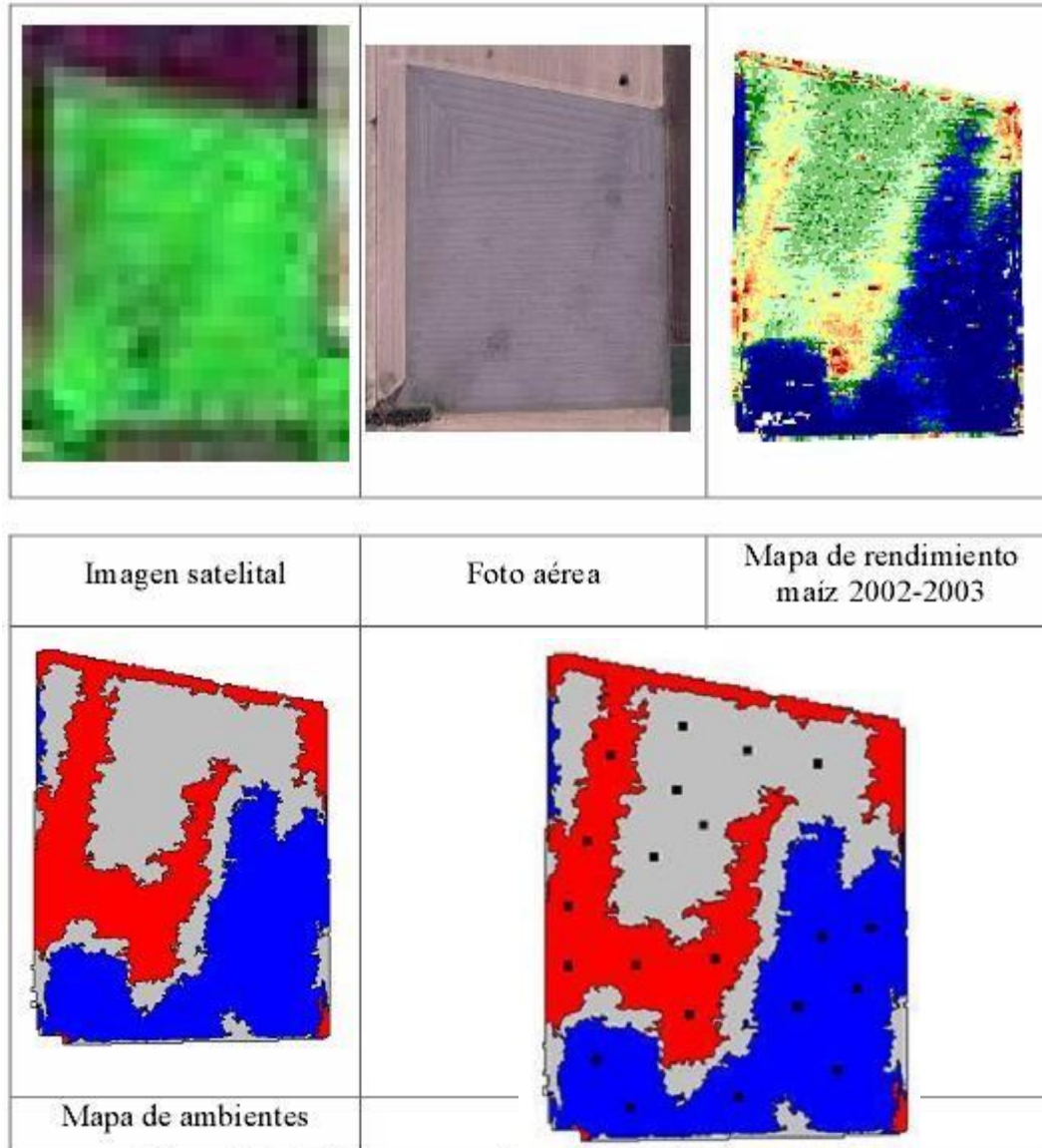


Figura 330: Distintas capas (*layers*) de un SIG de una parcela

- CONTENIDO P
- RTO. ESPERADO

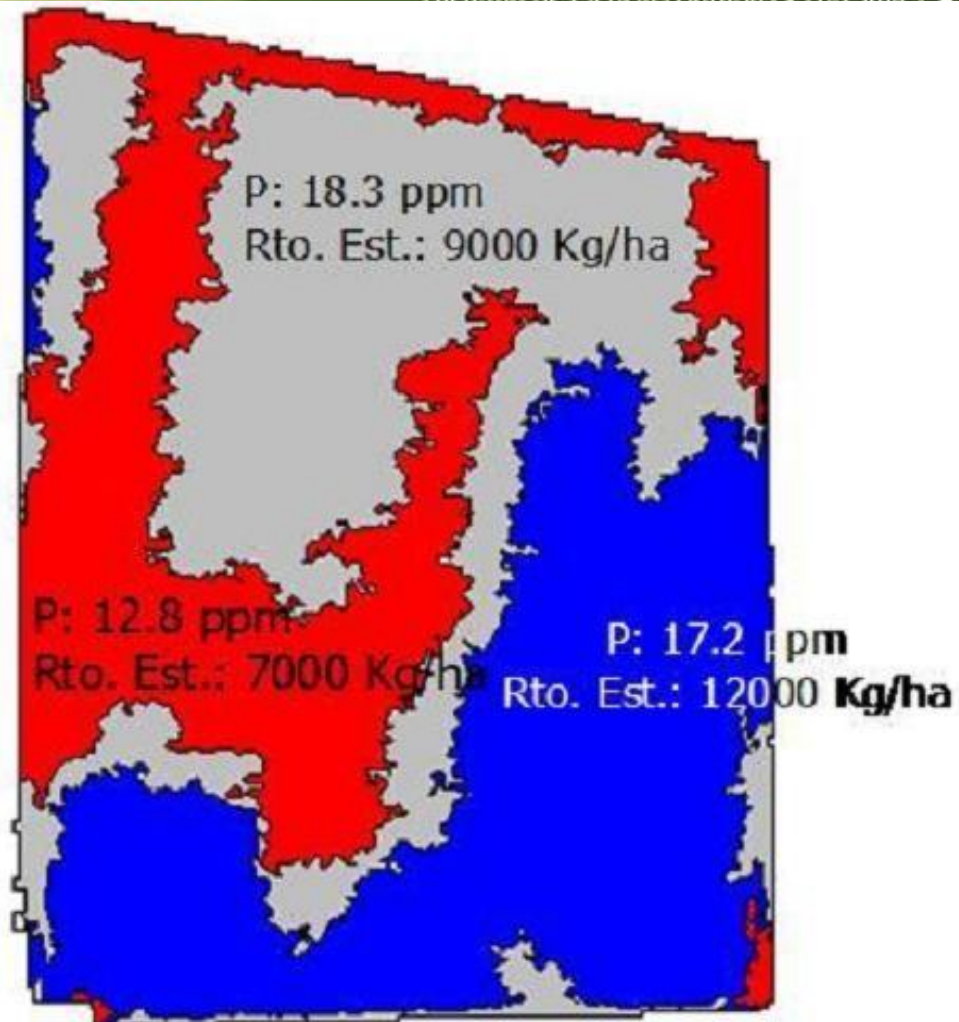


Figura 332: Mapa de aplicación diferencial de insumos (fosfato diamónico). Obsérvese la recomendación de mayor aplicación de insumos en las zonas de más potencial

Transporte neumático

