

Tecnologías de aplicación de agroquímicos terrestre y aérea.

Hacia una mayor eficacia en la aplicación de plaguicidas.

Autor: Rodrigo Quintana L.
Ing. Agrónomo
INIA Quilamapu

Fecha 04/ 06 / 2021

Mecanización de Precisión

Drones Fumigadores



Tractores Robotizados



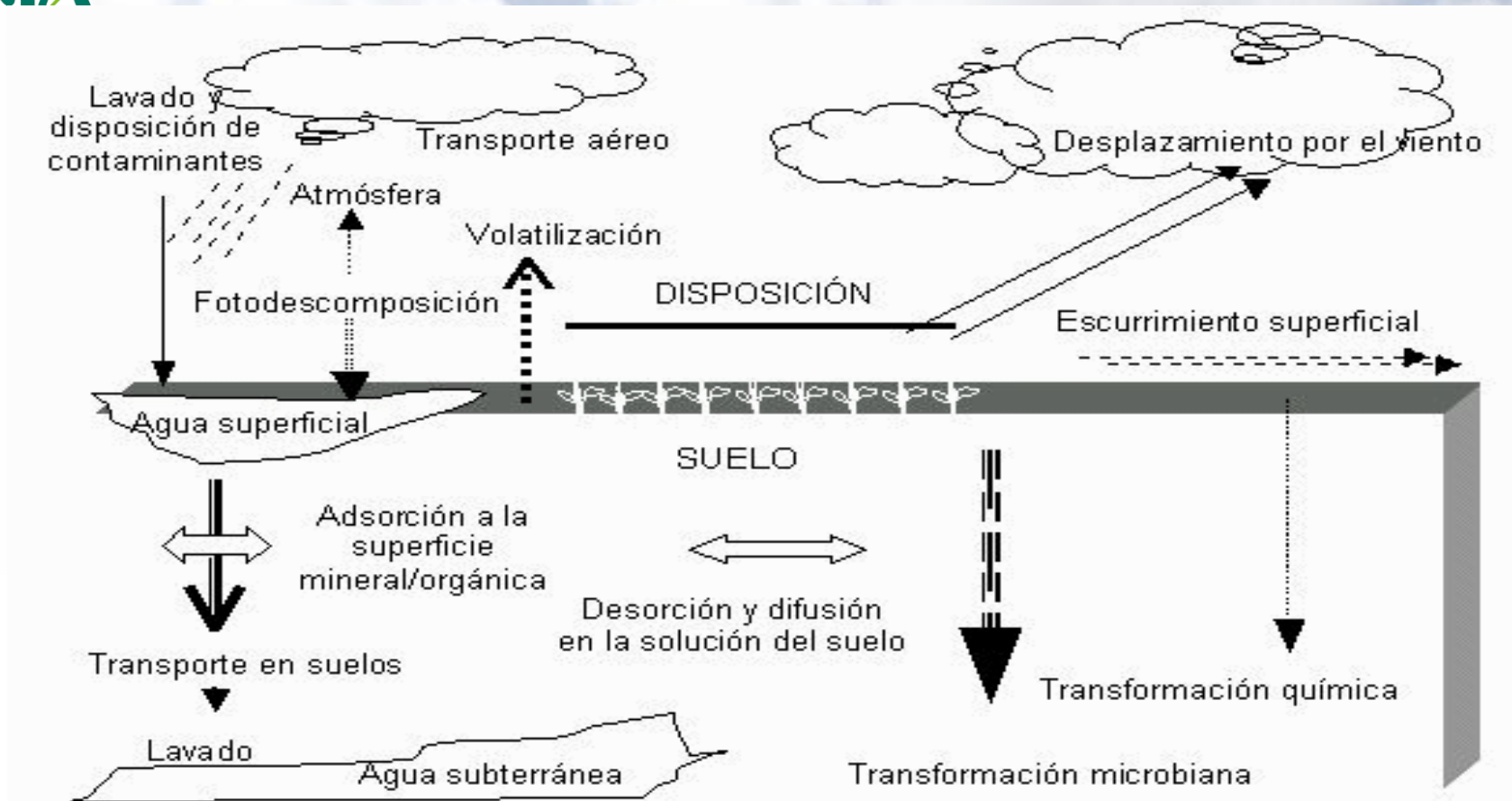
Pulverización Variable



Siembra



Bioacumulación: Cantidad de un plaguicida que un organismo acumula por adsorción y absorción superficial, oral u otro.

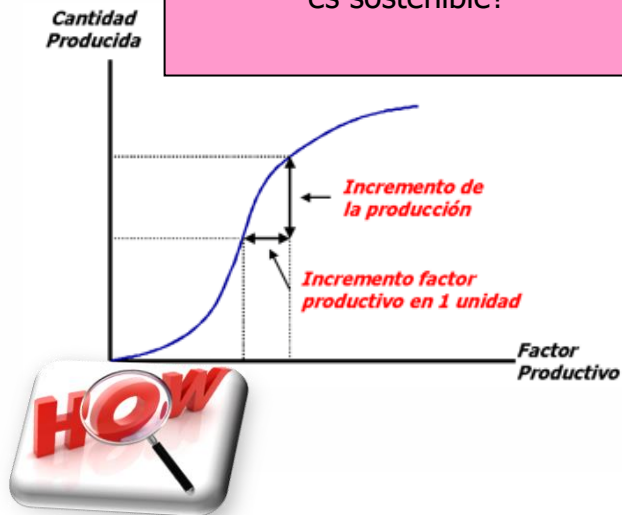


Los plaguicidas que persisten más tiempo en el ambiente, tienen mayor probabilidad de interacción con los diversos elementos que conforman los ecosistemas. Si su vida media y su persistencia son mayores a la frecuencia con la que se aplican, los plaguicidas tienden a acumularse tanto en los suelos como en la biota.

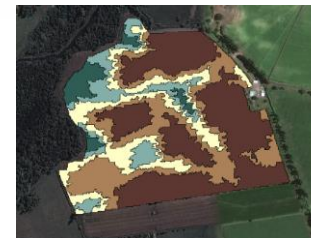
- Los pesticidas pueden ser introducidos en la atmósfera por la deriva de la pulverización, la volatilización, y la erosión por el viento de partículas de suelo en los que son adsorbidos.

Desde un punto de vista micro (nivel predial) la discusión se ha centrado en eficiencia de producción

Gestión homogénea de manejo es sostenible?



Utilizar la tecnología para lograr una mayor eficiencia y sostenibilidad



Variables que Tienen Una Influencia Significativa en la Producción Agrícola

- Tipo de suelo
- Topografía
 - Elevación
 - Pendiente
 - Aspecto
- Fertilidad
- Retención de humedad del suelo
- Compactación
- Historia de rendimiento
- Registros de uso de suelo.
- Profundidad
- Salinidad
- Etc.

Estudios de Casos: estudio de simulación de movimiento de masas gaseosas bajo condiciones climáticas reales, evidenció este fenómeno como agravante de la contaminación del Barrio Ituzaingó, en el sur de la Ciudad de Córdoba.

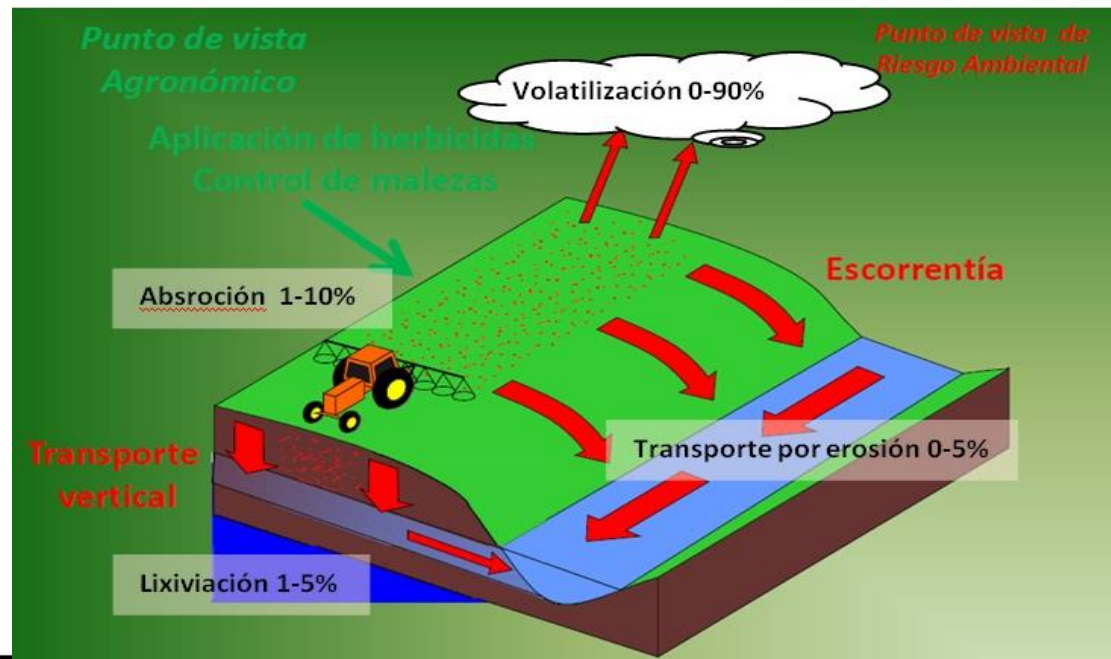




Qué es la deriva

Según la Norma ASAE S-572, **se denomina deriva al desplazamiento de la aspersión (de un plaguicida) fuera del blanco, determinado por transporte de masas de aire o por falta de adherencia** (American Society of Agricultural Engineers, 2004)

Por su parte, la Coalición Nacional de Minimización de la Deriva, de Estados Unidos (National Coalition on Drift Minimization, 1997), **define a la deriva como el movimiento de las partículas pulverizadas y vapores fuera del blanco, provocando menor efectividad de control y posible daño a la vegetación susceptible, vida silvestre y a las personas**



Calibración adecuada del pulverizador
(velocidad, caudal, presión,...)

Optimización
de la distribución



Adaptación a
la vegetación

Minimización de pérdidas en suelo
y aire (correcta regulación de deflectores)



Factores fisicoquímicos del producto aplicado

Tamaño de gota

Se define como Diámetro Volumétrico Medio (DVM) al diámetro que posee el 50% de gotas, ya que el resto variará en tamaños mayores y menores a éste. Existe una relación de compromiso en el tamaño de gota deseada por los aplicadores puesto que:

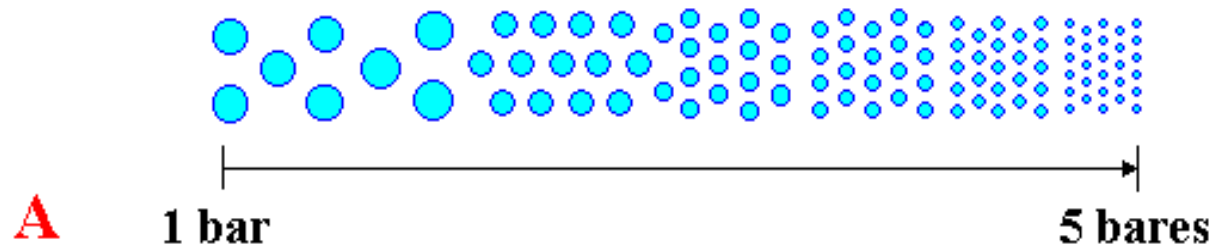
- o A menor diámetro de gota será mayor el tiempo en el aire de la misma, y será mayor la superficie de evaporación, ambos, factores indeseables.
- o A mayor diámetro de gota, el aumento en la rapidez de la caída produce mayor rebote sobre la hoja, y con ello mayor escurrimiento, también fenómenos indeseados para una aplicación óptima.

Efecto de la presión en el tamaño de las gotas



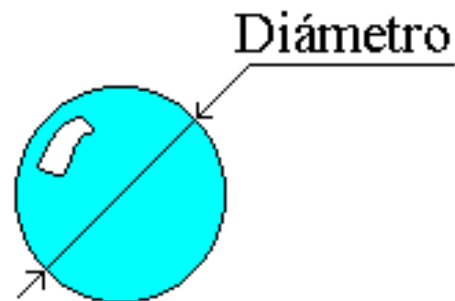
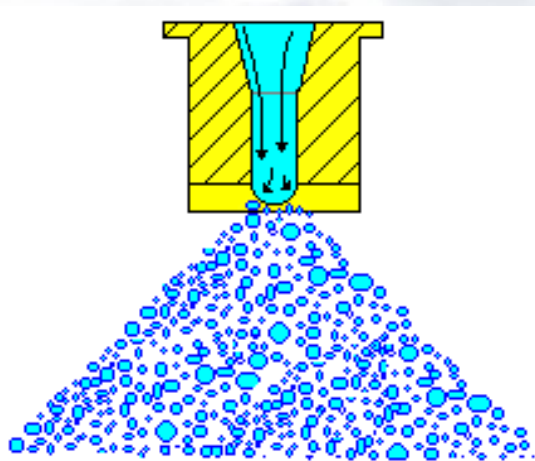
La Presión modifica el tamaño de las gotas

Mayor presión → Menor Tamaño de gotas



Modificación del diámetro de gotas según la presión

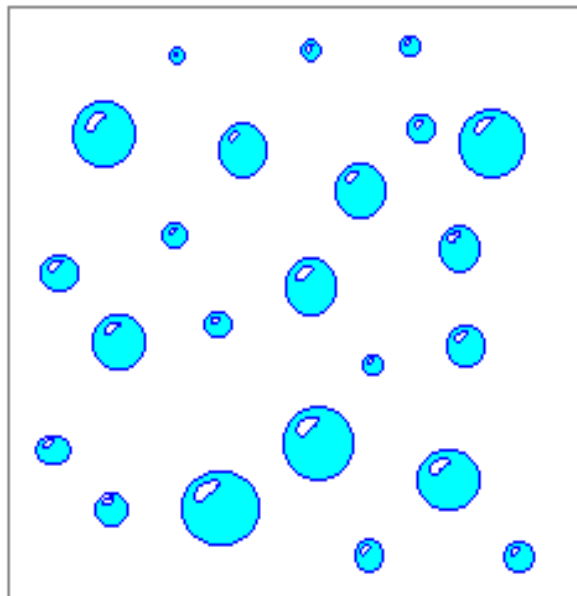
Formación de gotas mediante la energía hidráulica



Verdadera forma de una gota



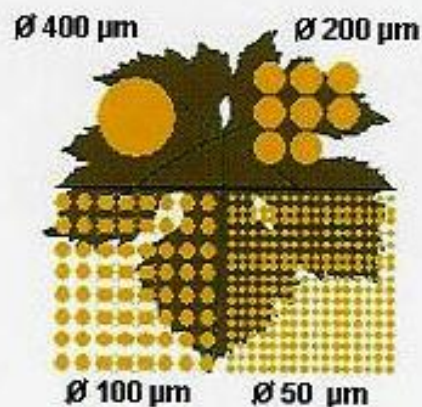
forma imaginada de una gota



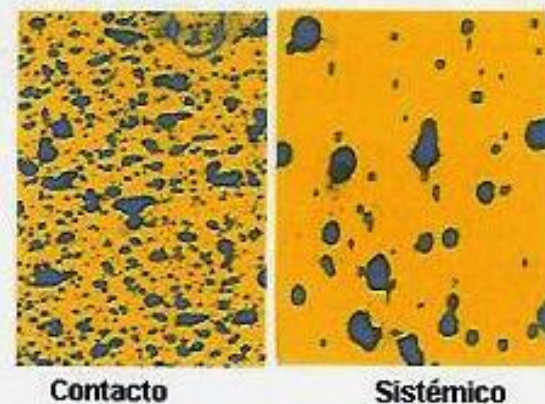
Población de gotas en una pulverización

- .variedad de tamaño de gotas
- .el tamaño se identifica con el diámetro
- .el diámetro se expresa en μm (micrones)
- . $1000 \mu\text{m} = 1 \text{ mm}$

Tipo		Nº de gotas/cm ²	Diámetro de gotas (micras)
Fungicida aplicación foliar	Contacto	50-70	150-250
Fungicida aplicación foliar	Sistémico	30-40	200-300
Insecticida		20-30	200-350
Herbicida	Contacto	30-40	200-400
Herbicida	Preemergencia	20-30	400-600



Influencia del tamaño de gota en el recubrimiento foliar



Detalle de distribución de las gotas utilizando papel hidrosensible

Condiciona la presión y
el tipo de boquilla

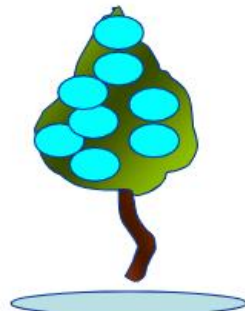
4-6 km/h en viña

$$\text{DOSIS (l/ha)} = f (Q \text{ (l/min)}, V \text{ (km/h)}, A \text{ (m)})$$

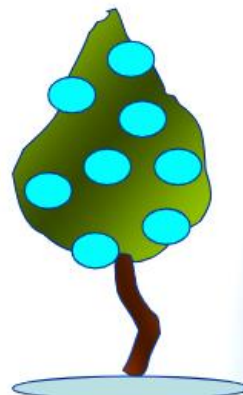
En cultivos bajos = anchura de la barra
En frutales y viña : *Distancia entre hileras*

Dosis correcta

Demasiado producto
Problemas de residuos



2.000 m³/ha

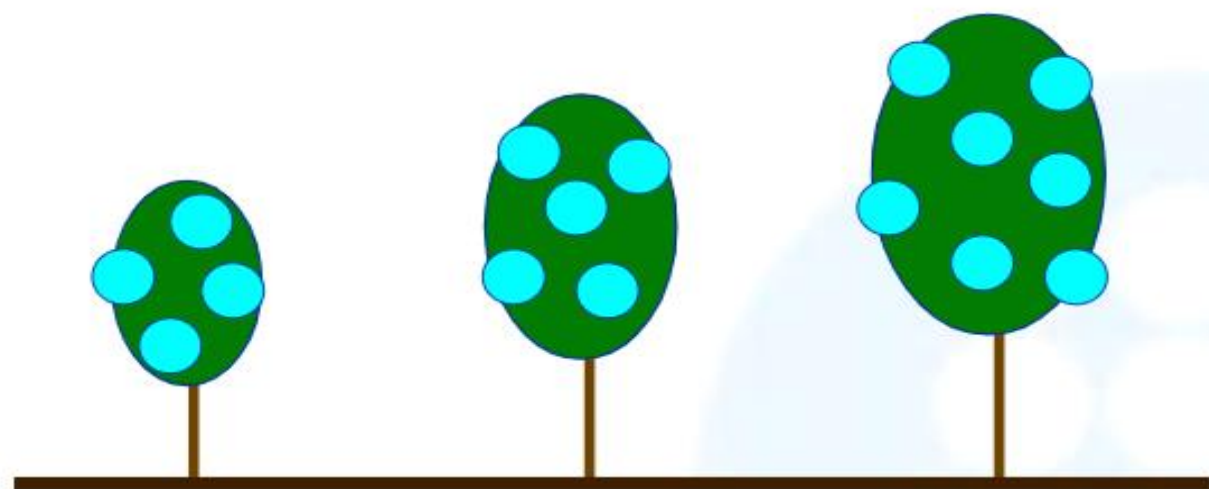


4.000 m³/ha



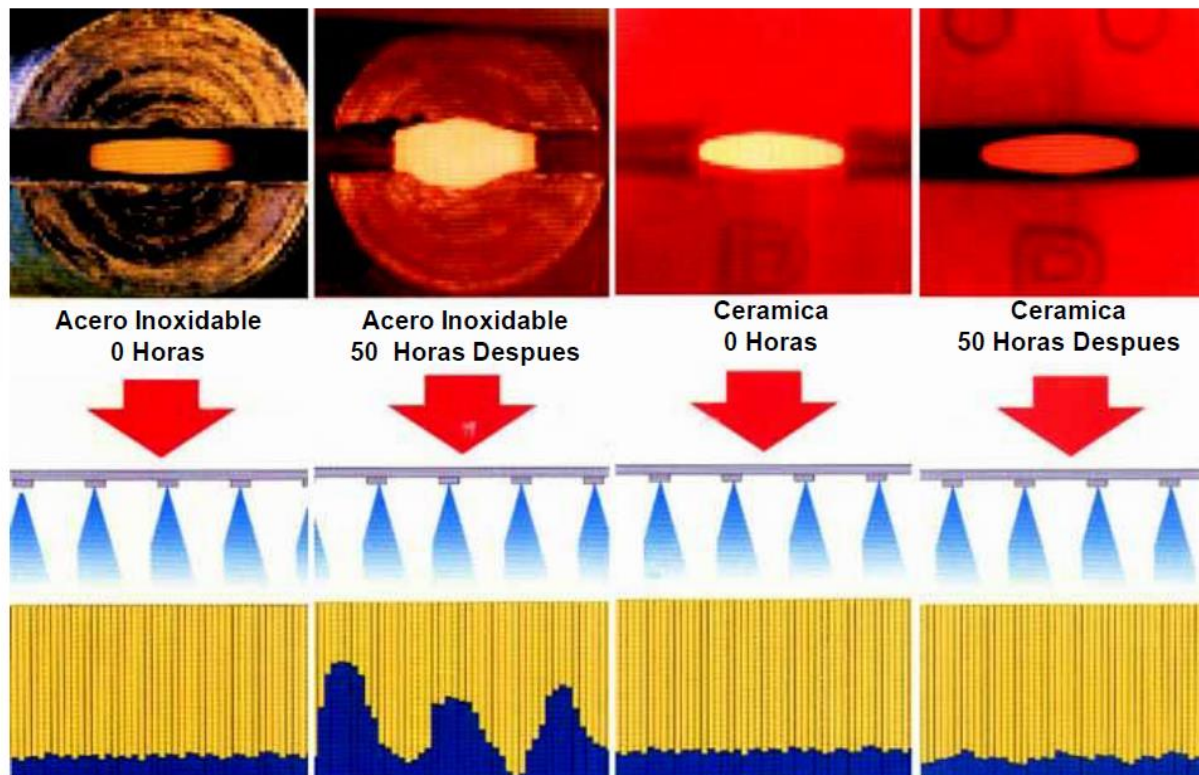
8.000 m³/ha

Poco producto
Problemas de eficacia



Cantidad constante (mg/cm^2) de producto en el objetivo

Ejemplo comparativo desgaste Cerámica vs. Inox





**Diferencia Boquilla
Convencional
v/s
Antideriva**

Diferencias

Boquilla Convencional

v/s

Antideriva



Diferencias

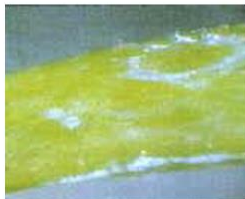
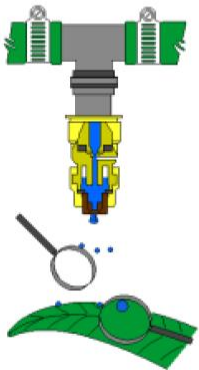
Boquilla Convencional

v/s

Antideriva



Funcionamiento Boquilla Antideriva



En el momento que la burbuja hace contacto con el follaje, explota de esa manera se consigue un cubrimiento mayor del follaje



La Boquilla Antideriva AVI genera burbujas en el momento de pulverizar

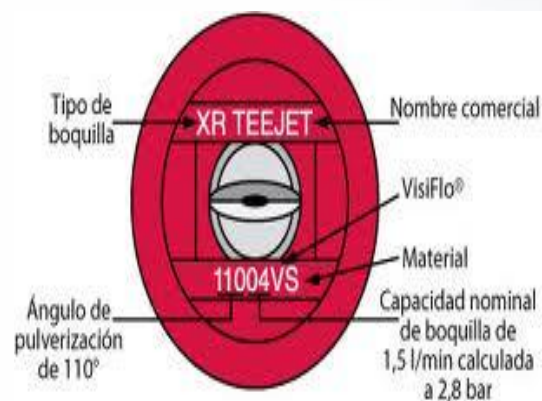
Orientación incorrecta



Orientación correcta



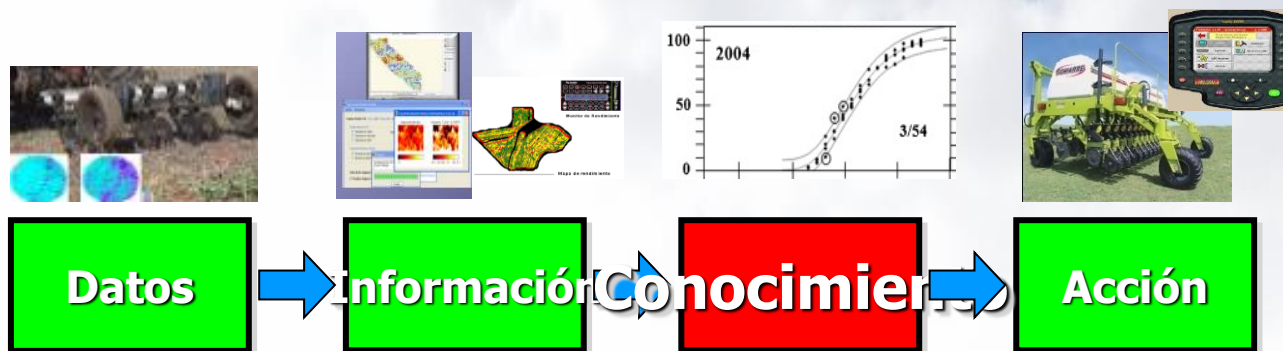
Selección de boquillas



Categoría	Símbolo	Código de Color	VMD aproximado
Muy fina	VF		< 100
Fina	F		100-175
Mediana	M		175-250
Grande	C		250-375
Muy grande	VC		375-450
Extremadamente grande	XC		> 450

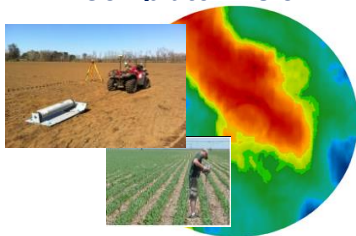
Pastilla	Presión (bar) Recomendada	Presión de trabajo y gotas producidas	
		Bar	Diámetro de las gotas
XR110015	2-4	3	Fina
XR11003	2-4	3	Fina
TT110015	1-6	3	Media
AI110015	2-8	3	Muy gruesa
AI110015	2-8	5	Gruesa

TRANSFORMACIÓN DE DATOS EN INFORMACIÓN PARA LA GESTION



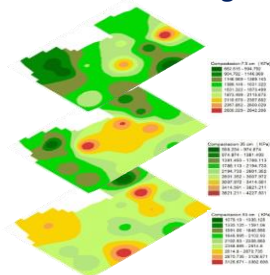
Raw Sensor Data:

- Field Data
- GPS Data
- Computer Vision



Integrar y Contextualizar Datos:

- Contexto Temporal
- Contexto Geográfico



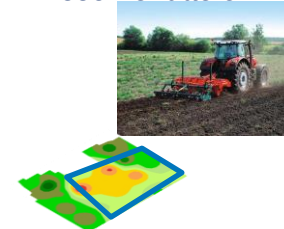
Aplicación de la Información asociada con la Experiencia:

- Predicciones de campo.

Sobre 3000 kpa se generan problem

Usuario integra el conocimiento:

- Conocer como y cuando implementar una recomendación.



Recopilación de datos georreferenciados

Tecnologías de la información vinculadas al posicionamiento por satélite nos permiten obtener datos georreferenciados de distintos sitios de una parcela para conocer así su variabilidad.

El uso de sensores hace posible la medición directa y en remoto de un gran numero de datos en tiempo real.

Imágenes aéreas y por satélite de los diferentes rendimientos.



Análisis topográficos.



Muestreo de suelo por zonas homogéneas.



Niveles de humedad, temperatura y nutrientes en el suelo.



Estado y evolución del cultivo.



Detección de plagas y enfermedades.

TECNOLOGÍAS INVOLUCRADAS

GPS / DGPS	Sistema de información geográfica (SIG)	Instrumentos topográficos	Sensores	Monitores de rendimiento
GPS / DGPS	Geodésica (SIG) Sistema de información	Topográficos Instrumentos	Sensores	Rendimiento Monitores de

TECNOLOGÍAS INVOLUCRADAS

Análisis, procesamiento e interpretación de la información

Los datos recolectados se procesan con softwares especializados que permiten elaborar diferentes mapas con información precisa sobre las distintas áreas de una parcela.

En base a los modelos obtenidos y con la experiencia del productor se traza un mapa de manejo diferenciado, que identifica sitios con distinto potencial y requerimiento de insumos y tareas.

Confección de mapas de rendimiento.



Variabilidad del suelo y factores limitantes de un área concreta.



Delimitación de las diferentes áreas de una parcela.



Confección de mapas de aplicación.

TECNOLOGÍAS INVOLUCRADAS

Sistemas de expertos	Sistema de información geográfica (SIG)	Programas estadísticos	Experiencia del técnico y el operador
----------------------	---	------------------------	---------------------------------------

Aplicación diferencial de insumos

Un mejor conocimiento de la variabilidad de una parcela posibilita planificar una gestión “a medida” para cada área de la misma.



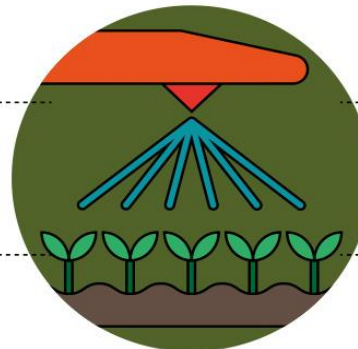
La incorporación de dispositivos electrónicos en la maquinaria agiliza el manejo variable de los insumos y permite explotar todo su potencial.



Aplicación variable de agua, fertilizantes y fungicidas.



Siembra diferencial de variedades y densidad de semilla.



Automatización y gestión remota de las tareas.



Tratamiento del terreno y aplicación precisa de insumos asistidos por GPS.

TECNOLOGÍAS INVOLUCRADAS

Tecnologías de dosis variable	Balizamiento por satélite	Softwares de gestión
-------------------------------	---------------------------	----------------------

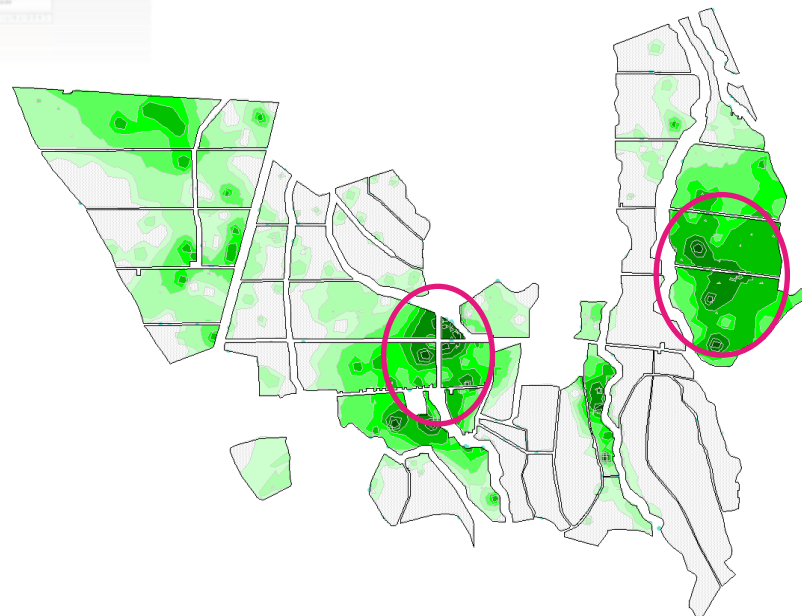
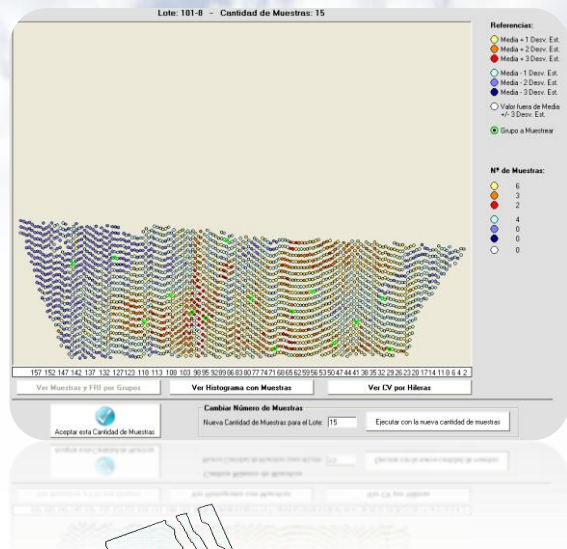
IDENTIFICACION DE MOSQUITA BLANCA



MONTEOLIVO

CHILEOLIVA
ASOCIACION DE PRODUCTORES DE ACEITE DE OLIVA

IDENTIFICACION REPILO



Generación de Herramientas de Automatización

Hacia donde van las maquinas con autonomía de conducción y altamente sensorizadas y conectadas con entrega de información en tiempo real.

- Hacia un trabajo que permita mejorar las prestaciones asistido por información agronómica precargada por sensores de nueva generación de tiempo real necesario para cada objetivo de variabilidad y respuesta requerida ejecutado con precisión y trazabilidad...

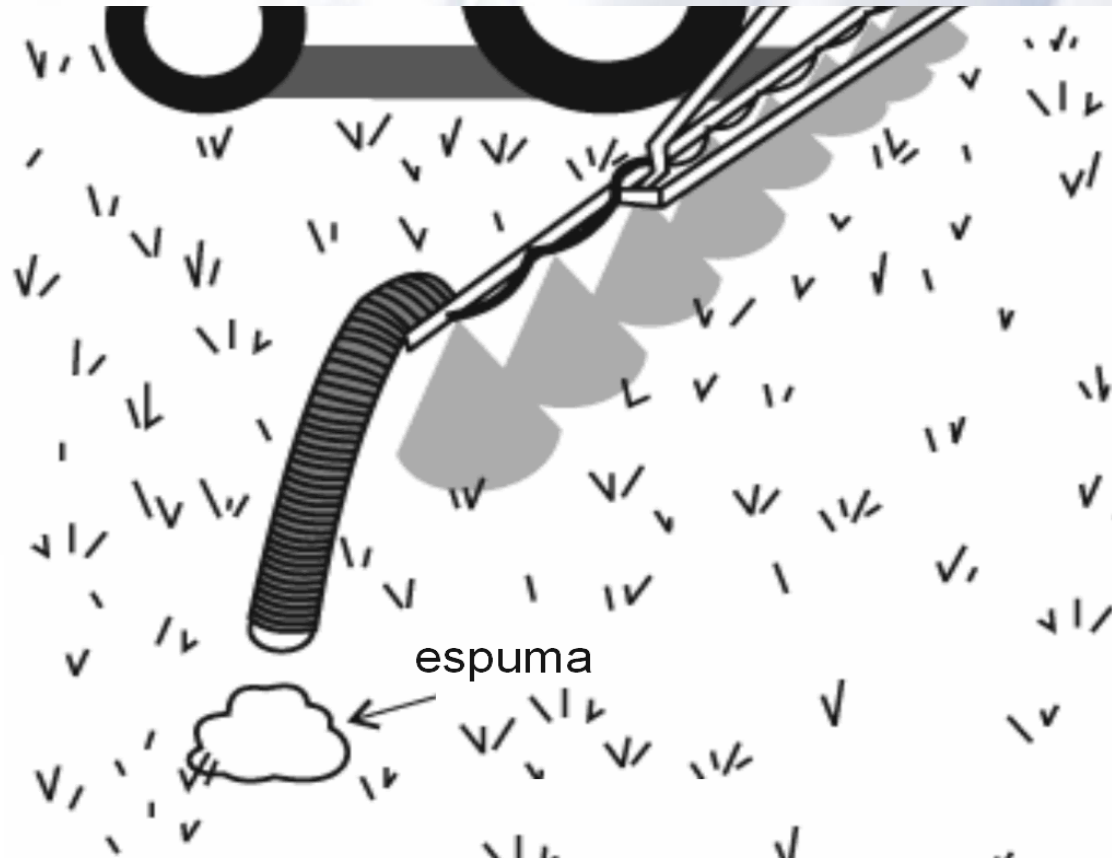


Sistemas tradicionales de guiado de maquinaria agrícola

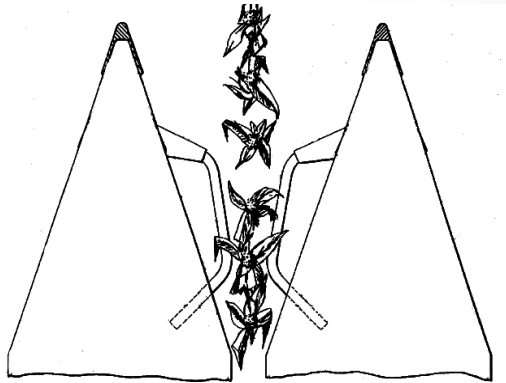


1. Marcadores de disco

Marcadores de espuma



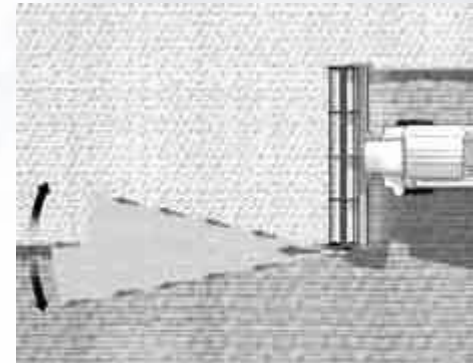
Sensores de navegación para el guiado de



Sensores mecánicos

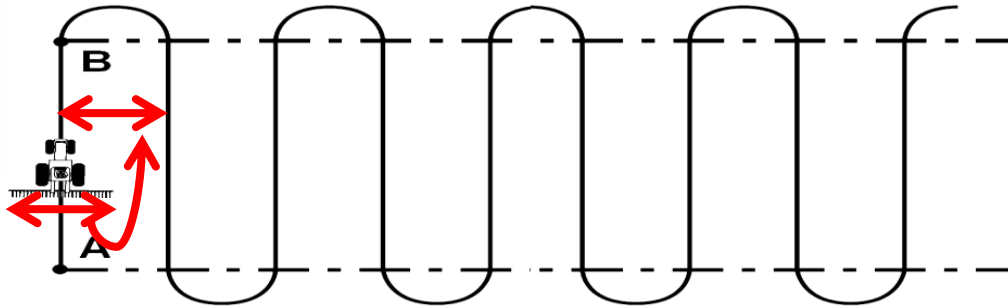
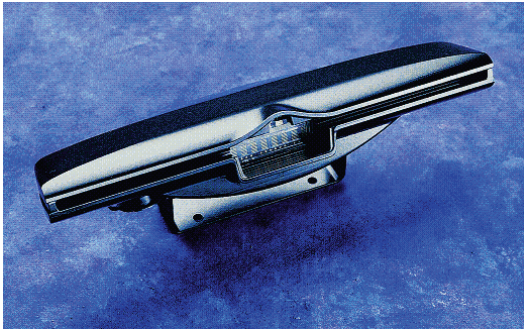


Sensores de imagen



Escaneo láser

Guiado manual con Banderillero Satelital



Principales usos:

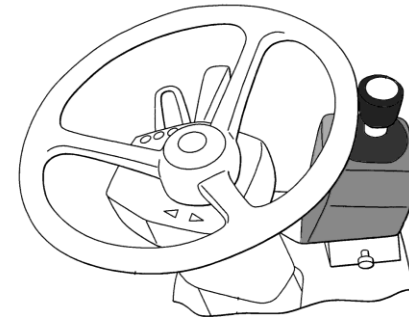
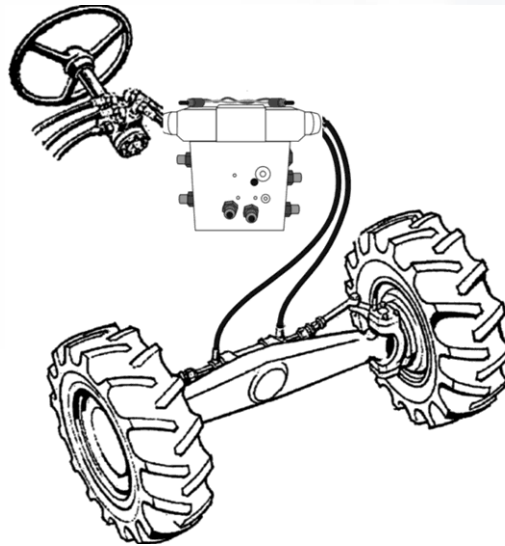
- Pulverización
- Apertura de surcos
- Aplicación de fertilizantes
- Cultivo
- Marcación de líneas para plantaciones en áreas extensas

Beneficios del balizamiento por satélite:

- Aumentar el rendimiento de la maquinaria
- Reducir solapamientos y evitar dejar zonas sin trabajar en las pasadas sucesivas
- Aumenta la duración de la jornada permitiendo trabajar con precisión aún durante la noche
- Ayuda a reducir el cansancio del operador
- Aplicación más racional de productos químicos
- Permite trabajar a velocidades más altas, cubriendo más superficie con menores costos
- Facilita la operación, especialmente en labores de difícil orientación

Pilotos hidráulicos (integrales) y eléctricos

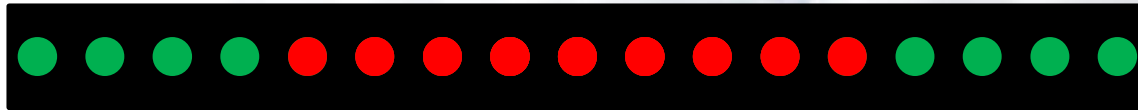
El Piloto Automático Hidráulico permite interactuar entre la trocha de dirección y los pistones de dirección, permitiendo tener una respuesta en alta precisión



Funcionamiento de la barra de luces

Configuración

1



2

Indica para donde hay que dirigir el volante para volver a la línea

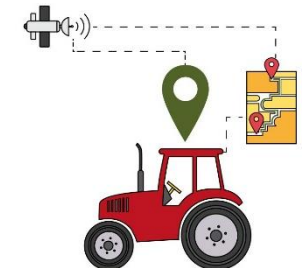


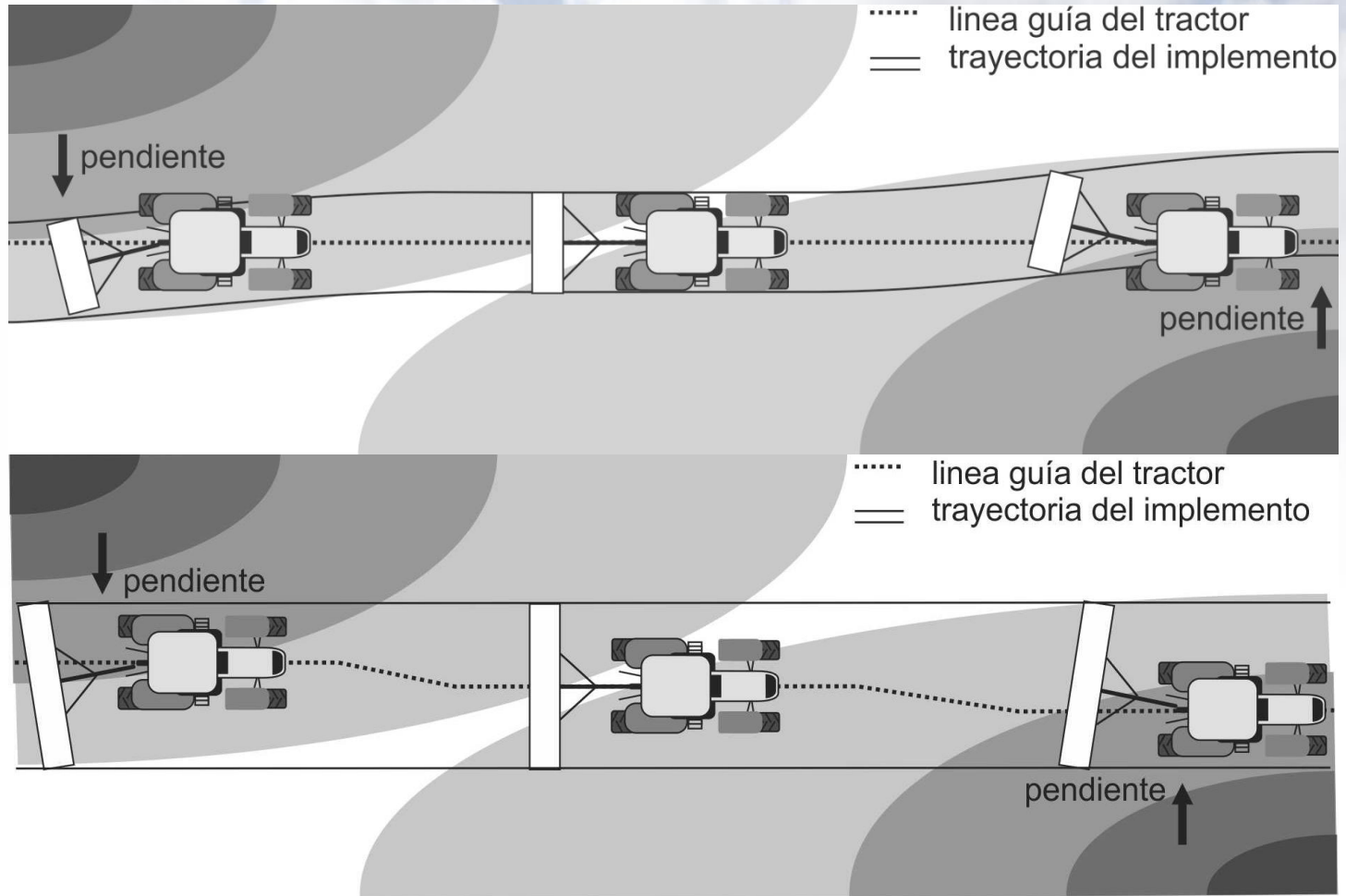
Indica para donde se está alejando el tractor respecto a la línea



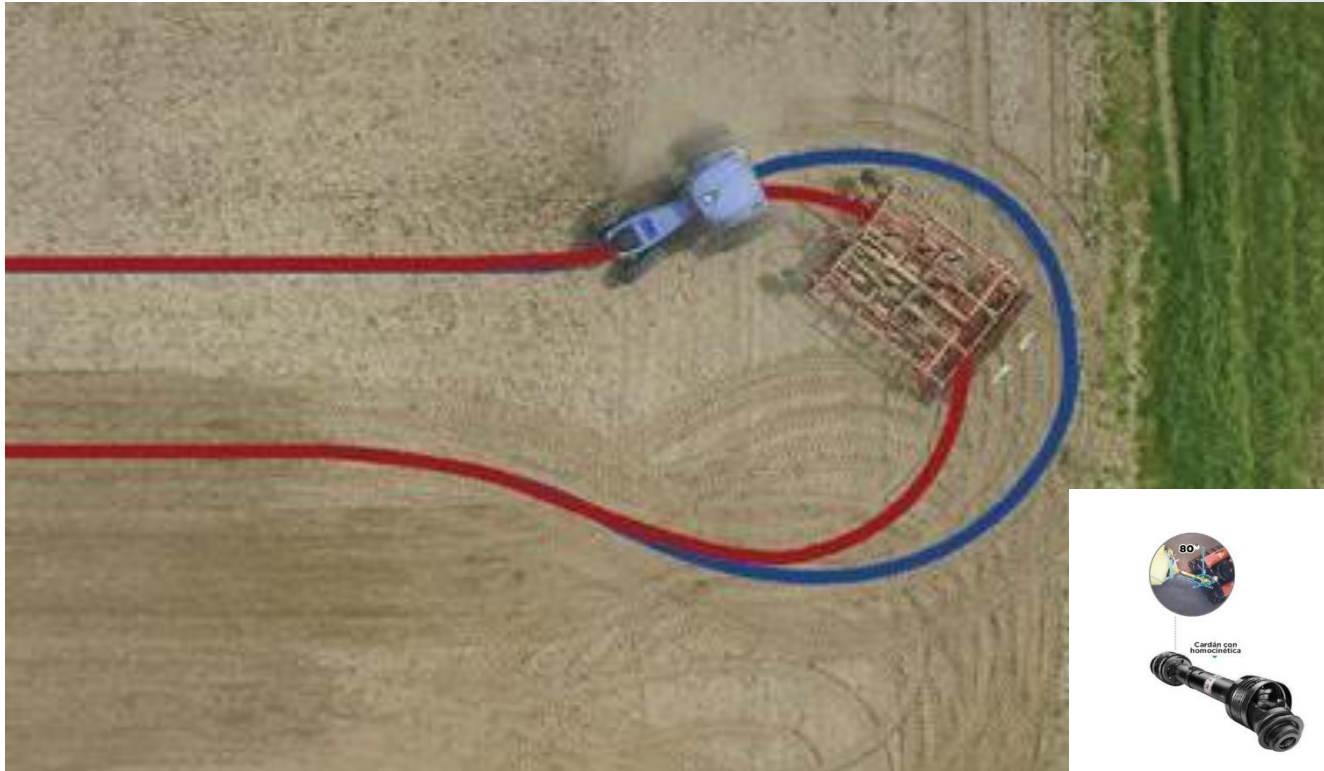
BALIZAS DE POSICIONAMIENTO

Quando el operador se sale de la línea predeterminada, la pantalla indica el desvío o error, y emite un sonido característico de error para cada lado de la línea.

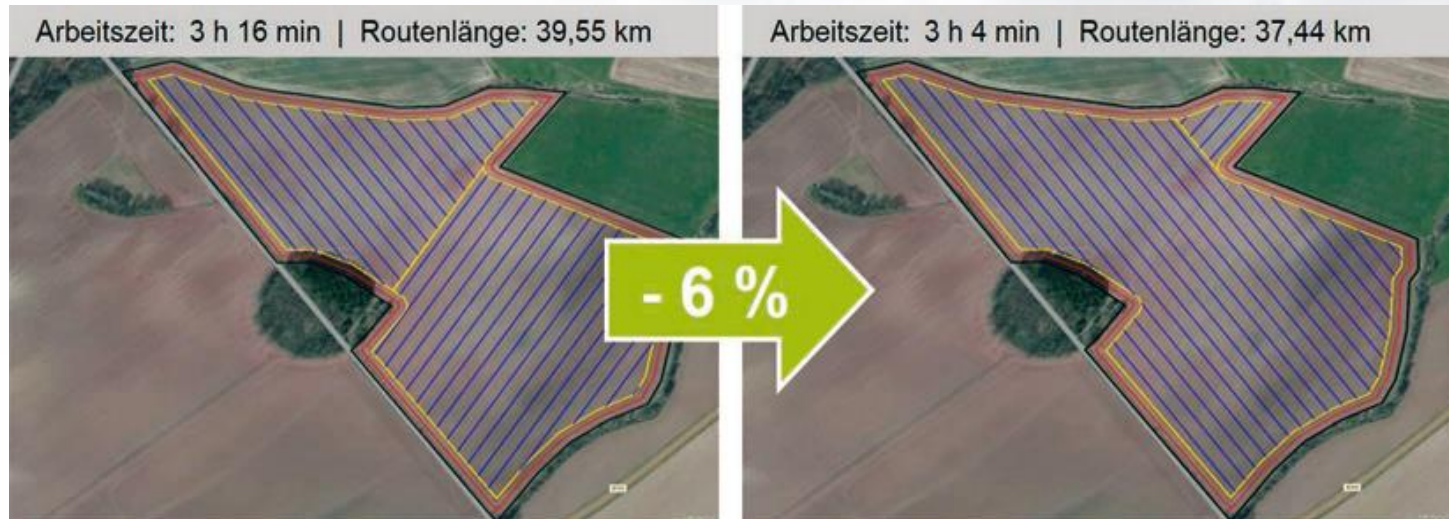




Automatización de vueltas en cabecera



Optimización del recorrido



Set Up Sequences

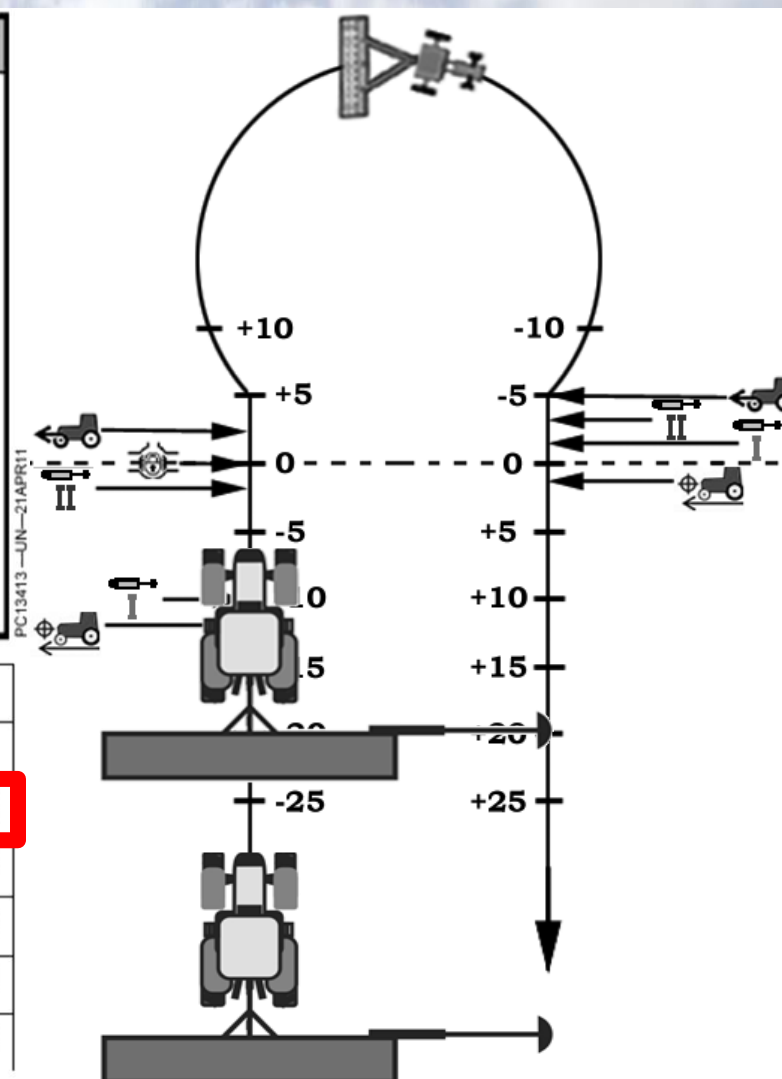
Sequence: **Raise Planter** A B C D E

1		3.5 (km/h)	-12.0 (m)
2		Extend	-10.0 (m)
3		Extend	-2.0 (m)
4		Off	0.0 (m)
5		Off	2.0 (m)

Cancel F 1/2 G Accept

Elevar la sembradora en cabeceras

Función	opción	m
Velocidad establecida	7,2 km/h,	-12
Elevar marcador	Extenderse	-10
Elevar sembradora	Extenderse	-2
Bloqueo del diferencial	Desactivado	0
Tracción delantera	Desengr.	2



El funcionamiento de los banderilleros satelitales se basa en el Sistema de Posicionamiento Global GPS, mediante el cual la maquinaria de aplicación de productos químicos o fertilizantes esta ubicada en tiempo real en un lugar del constantemente.

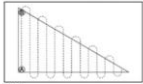


Fig. 2



Fig. 3

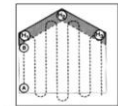


Fig. 4

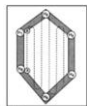
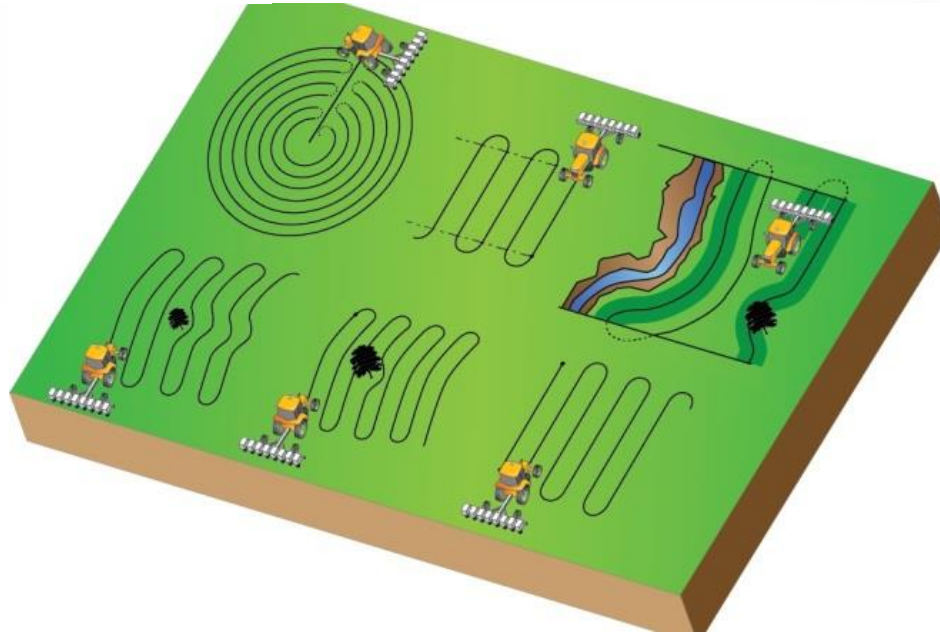


Fig. 5



Principales usos:

- Pulverización
- Apertura de surcos
- Aplicación de fertilizantes
- Cultivo
- Marcación de líneas para plantaciones en áreas extensas

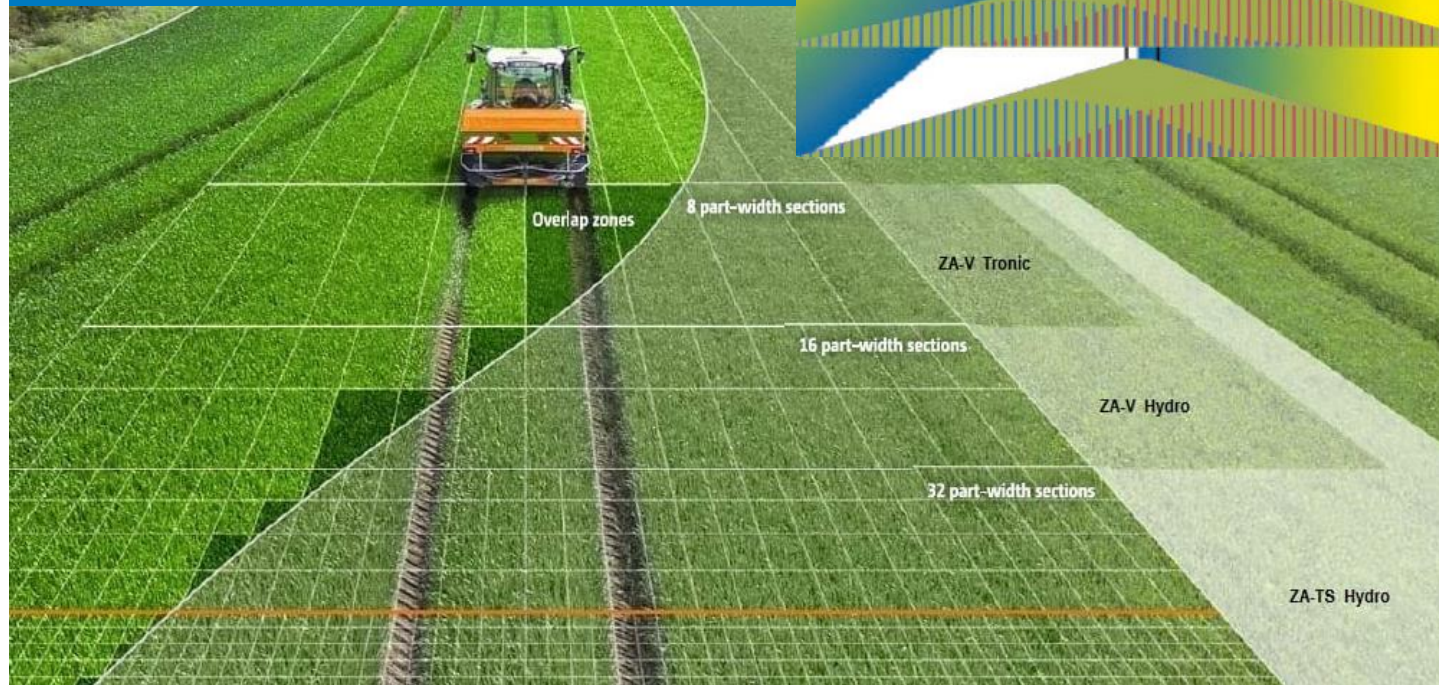
Beneficios del balizamiento por satélite:

- Aumentar el rendimiento de la maquinaria
- Reducir solapamientos y evitar dejar zonas sin trabajar en las pasadas sucesivas
- Aumenta la duración de la jornada permitiendo trabajar con precisión aún durante la noche
- Ayuda a reducir el cansancio del operador
- Aplicación más racional de productos químicos
- Permite trabajar a velocidades más altas, cubriendo más superficie con menores costos
- Facilita la operación, especialmente en labores de difícil orientación

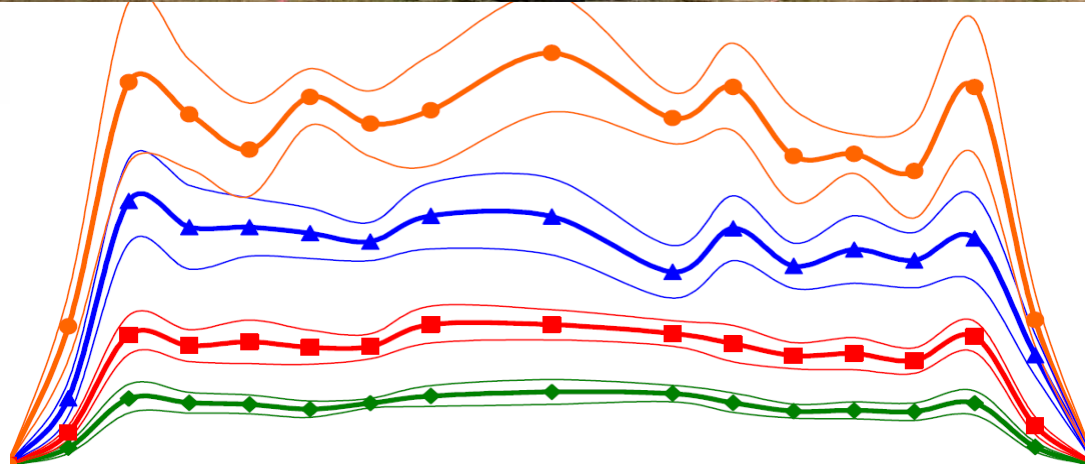
Sin Banderillero

1. Inexactitud de medir las distancias con pasos.
2. Riesgo de contaminación crónica con agroquímicos al estar permanentemente expuesto a la acción nociva de los mismos y los inconvenientes de salud que ello implica.
3. Imposibilidad de marcar en trabajos nocturnos, falta de visión cuando se trabaja en tiradas largas y con cultivos altos.
4. La única ventaja del sistema estaría en que los operarios pueden ayudar al conductor durante las recargas de agua y agroquímico.
5. Uso de marcadores de espuma, sistema que presenta el problema de falta de precisión, ya que este marca dónde termina la aplicación anterior y no representa una guía perfecta para el operario ya que siempre tendrá que calcular la dirección.

Corte por secciones en fertilizadoras centrifugas



Dosis variable con fertilizadoras neumáticas



Diferentes clases de sensores de Canopia

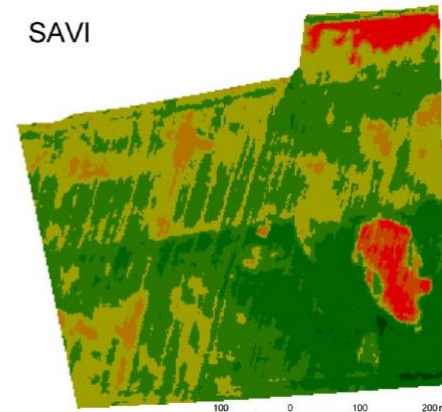
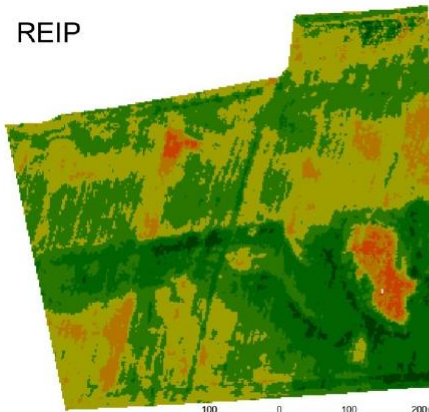
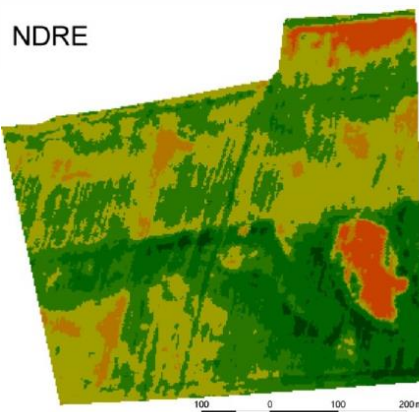
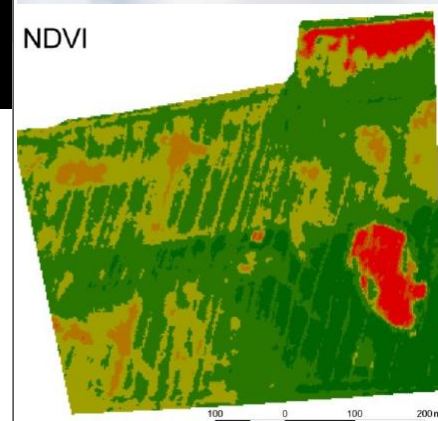


Sensor medido	Fabricante	Índice
Crop Circle™	Holland Scientific	NDVI, NDRE
GreenSeeker®	N-Tech/Trimble	NDVI, SAVI, SR
Crop Sensor	Claas/Agrocom	NDVI
Isaria	Fritzmeier	REIP
CropSpec™	Yara/Topcon	NDVI

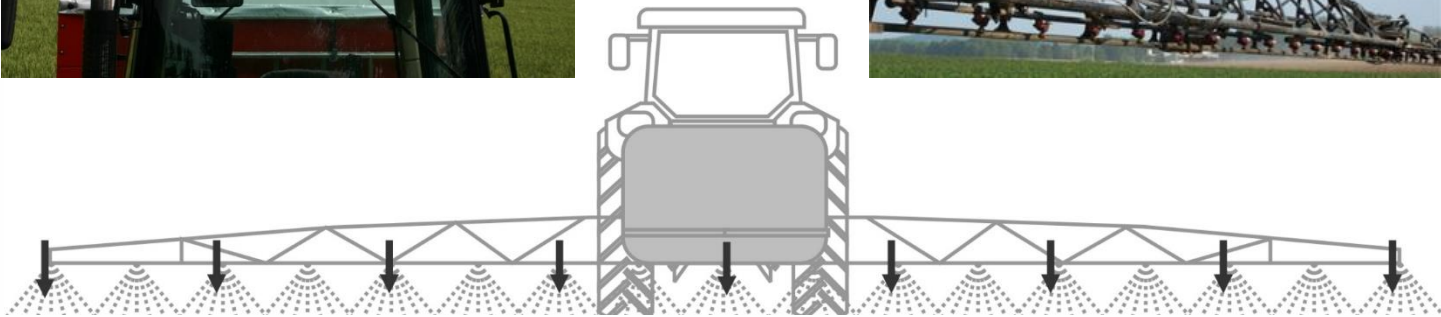


Diferentes Índices Vigor

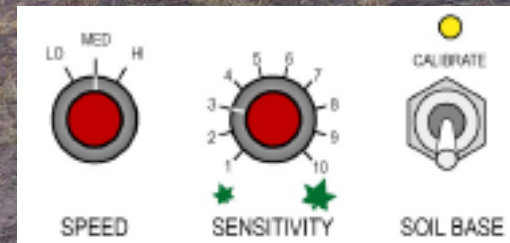
Sensor medido	Fabricante	Índice
Crop Circle™	Holland Scientific	NDVI, NDRE
GreenSeeker®	N-Tech/Trimble	NDVI, SAVI, SR
Crop Sensor	Claas/Agrocom	NDVI
Isaria	Fritzmeier	REIP
CropSpec™	Yara/Topcon	NDVI



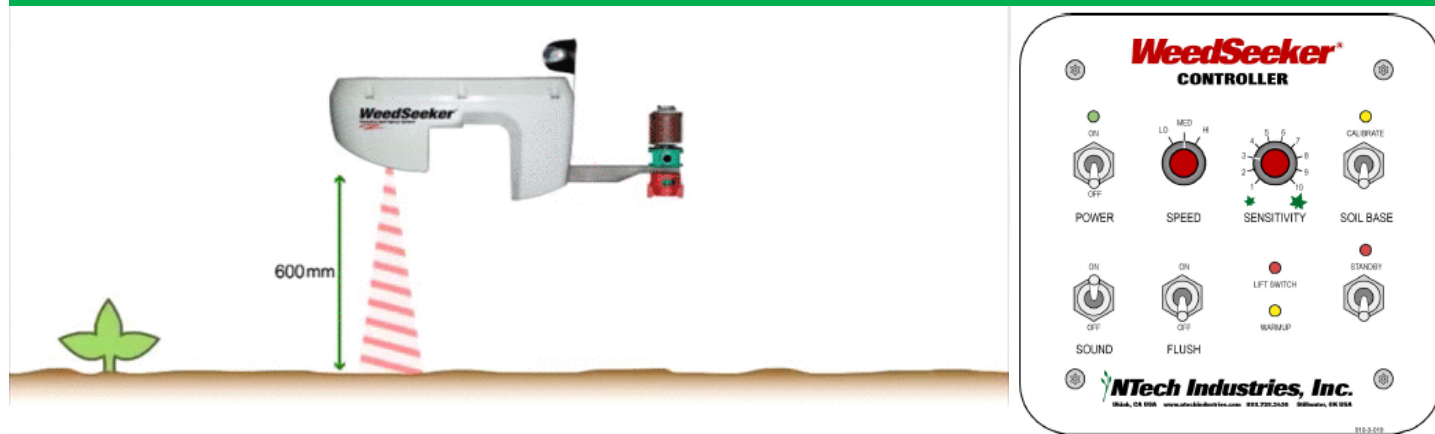
Esquema de implementacion



Pulverización selectiva de herbicidas



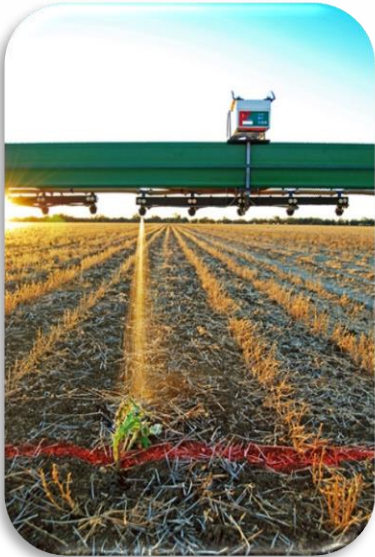
weedseeker



Cuando no tiene un sensor de velocidad que ajuste el retardo, se selecciona uno de los tres rangos de velocidad:

- bajo 5-8 km/h
- medio 8-11 km/h
- alto 11-16 km/h

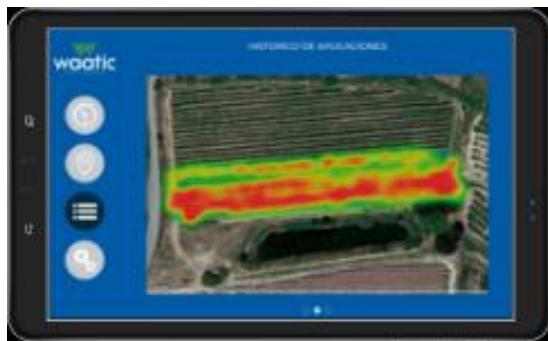
El manejo del barbecho a través de fitosanitarios, es una de las claves para evitar problemas con malezas resistentes



- Sensor Activo.
- Identifica malezas desde tamaños de una moneda de 25cvs.
- Ahorra hasta un 90% de producto.
- Concentra aplicación sobre malezas.



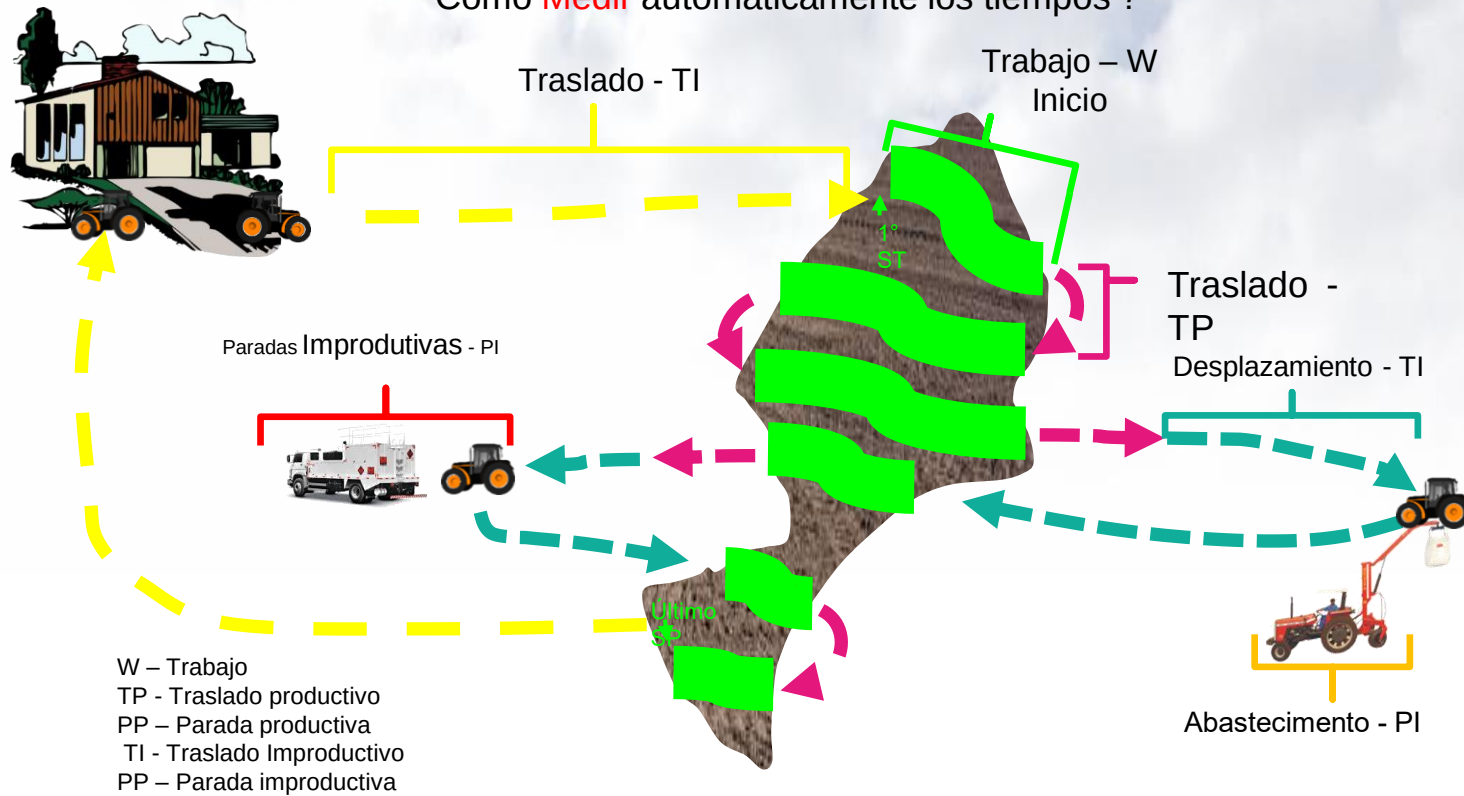
Pulverización variable Frutales





Control de Flotas

Como **Medir** automáticamente los tiempos ?



Control de Flotas

Para cada actividad, un software específico de trabajo

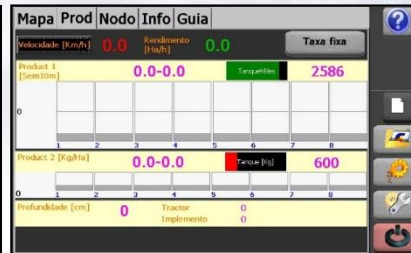
Remolque Skidder

- Registro de remolque
- Tiempo de carga
- Producción y productividad
- Monitoreo de la telemetría



Fertilización

- Control de la dosis
- Gestión de la calibración
- Tanque de insumo
- Sensor de caída y de profundidad
- Sensor de trabajo
- Recibe mapas de dosis



Cosechadora

- Pantalla de navegación
- CAN J1939.
- Tiempo de bomba 1 e 2
- Producción y productividad
- Sensor de trabajo
- Recibe mapas de planeamiento



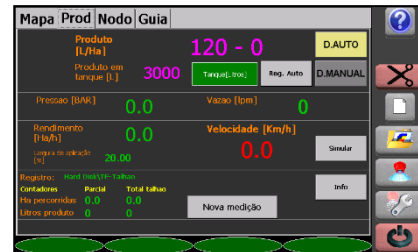
Ataque mecanizado a la hormiga

- Control de la dosis
- Control da sobre dosis
- Gestión de la calibración
- Tanque de insumo
- Pantalla de navegación
- Georreferencia de la dosis
- Recibe mapas de dosis



Pulverización

- Control de la dosis
- Gestión de la calibración
- Tanque de insumo
- Corte de sensores da barra
- Desconexión en área externa
- Recibe mapas de dosis



Tractorímetro

- Monitoreo de la telemetría
- Registro de insumo
- Registro de abastecimiento
- Límites de trabajo
- Límites de desplazamiento
- Sensor de trabajo



Pulverización - Drones



Trabajos de Calibración en Drones



Descripción de Equipos



AGRAS MG-1S / MG-1P

- 8 Motores
- Radar sensor de altura
- Capacidad Tanque 10lt
- Tiempo vuelo 12 min Full

25 min Vacío

- Altura vuelo 15 metros.
- $V = (3,6 - 25,1) \text{ km/h}$

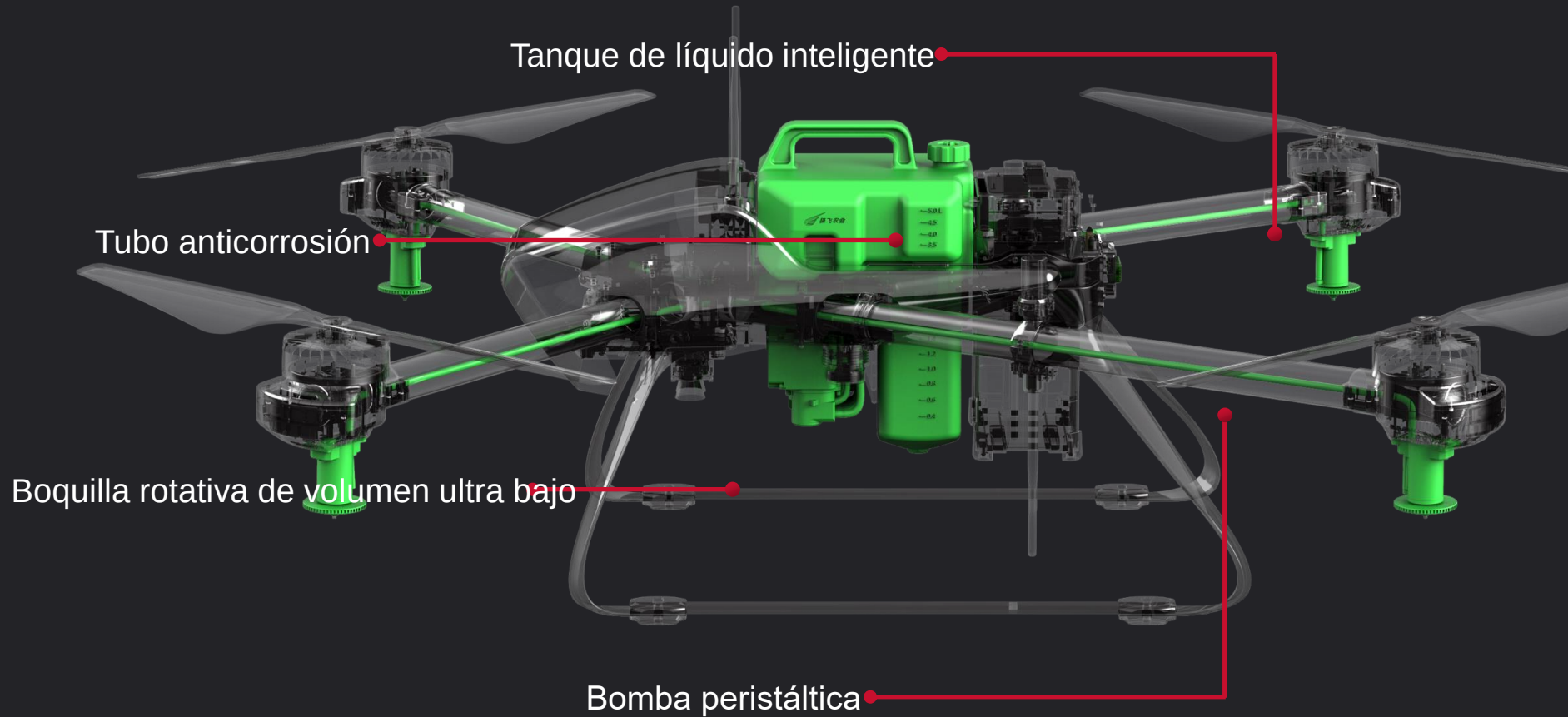


AGRAS MG 1P

Sistema Pulverización

- Dos bombas Brushless
- 4 Boquillas
- Presión (1-3) bar
- Inteligente

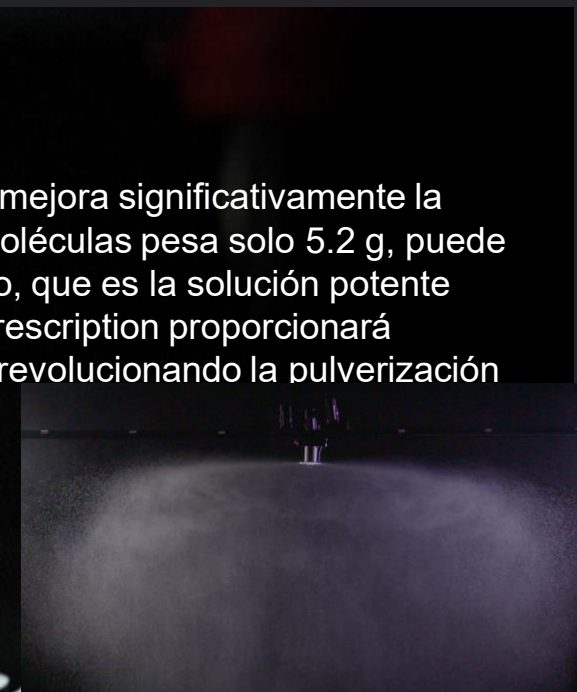
XAG Dron agricultura

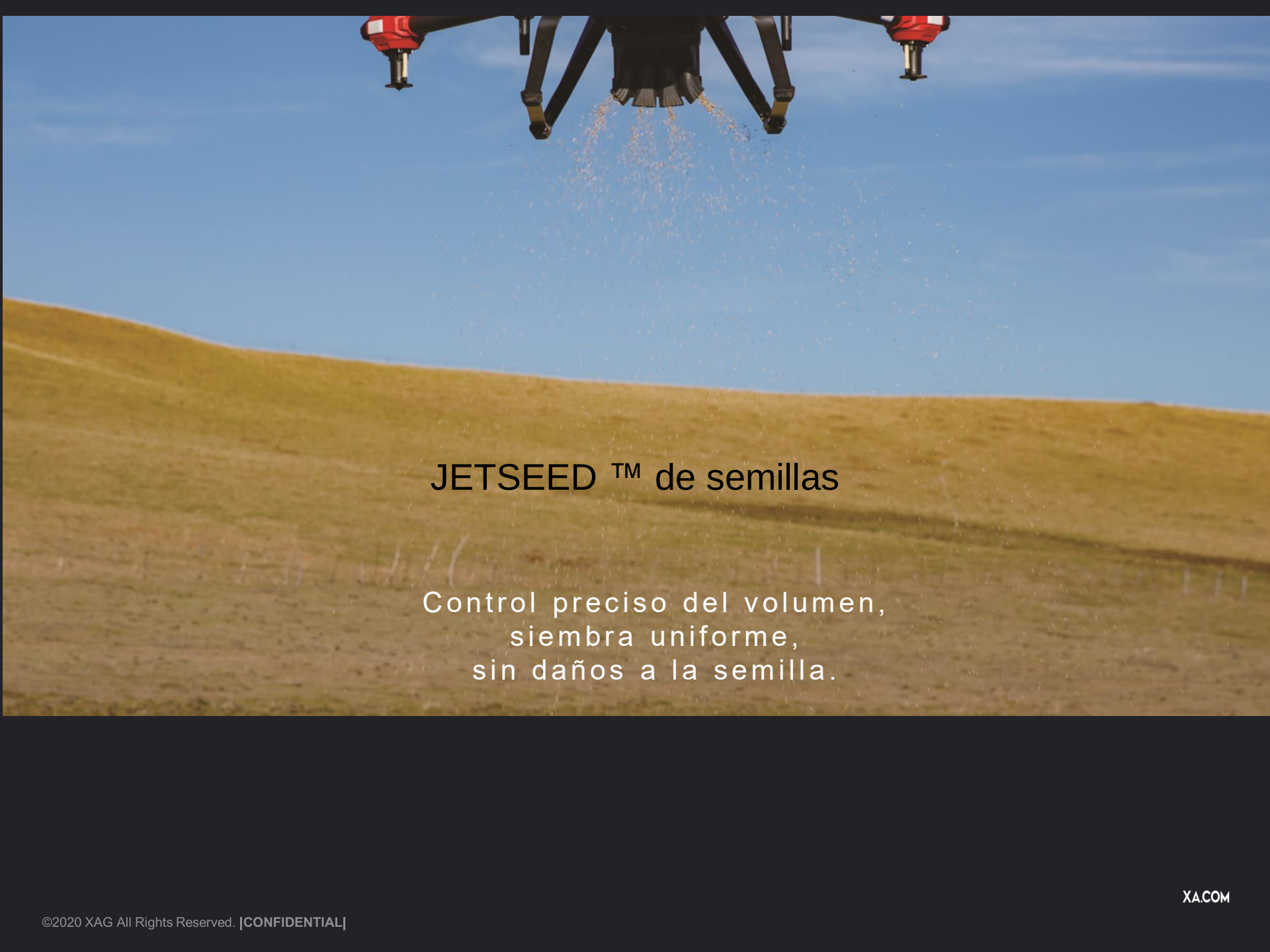




PULVERIZACIÓN REVOLUCIONARIA

Rociando la vida al campo. La tecnología de centrifugación inteligente iRASS mejora significativamente la precisión de pulverización del P30. El nuevo disco de atomización de macromoléculas pesa solo 5.2 g, puede responder a comandos (por ejemplo, detener y reanudar) dentro de 1 segundo, que es la solución potente para evitar la sobredosis o fallas. La exclusiva tecnología AI Diagnostic and Prescription proporcionará servicios de pulverización que se adapta a diversos cultivos y enfermedades, revolucionando la pulverización de precisión.



A red and black drone is shown from a low angle, flying over a vast, rolling green field under a clear blue sky. The drone is dispensing a fine stream of yellow seeds from its underside, creating a wide, conical pattern of seed fall. The field below is a mix of green and brown, suggesting a natural or semi-cultivated landscape. The overall scene conveys precision agriculture and environmental stewardship.

JETSEED™ de semillas

Control preciso del volumen,
siembra uniforme,
sin daños a la semilla.

Dron XAG sembrando arroz

Tipo de arroz: arroz normal

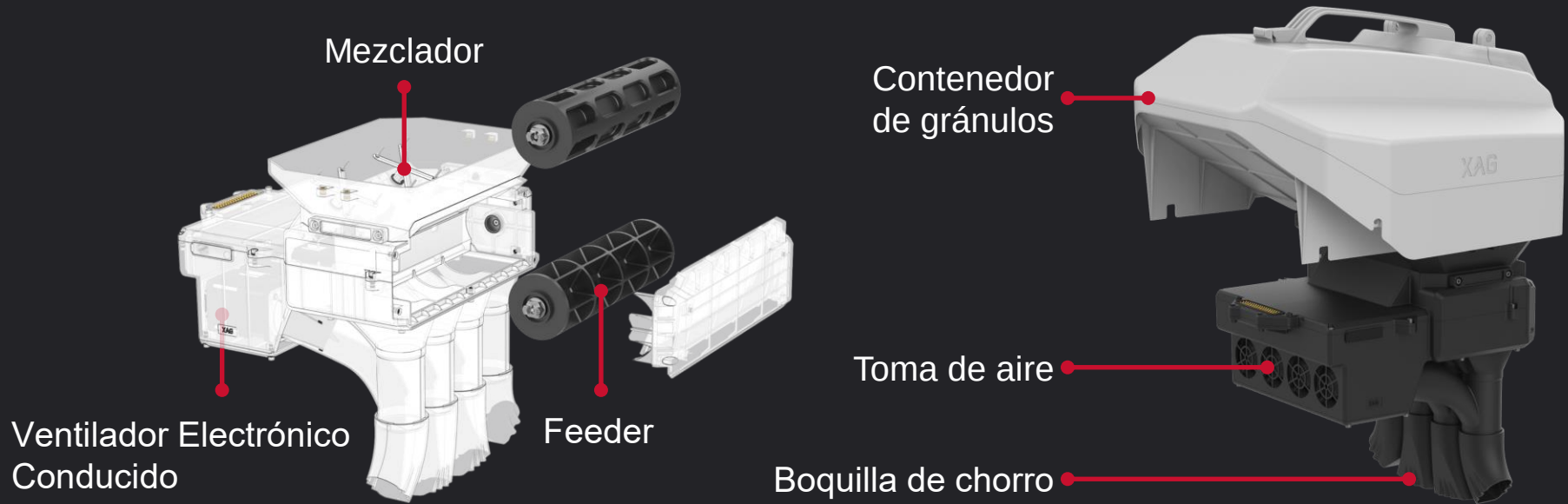
Rango de siembra: 2.5m

Dosis por Ha: 53 kg

Velocidad de vuelo: 4 m/s

Altura fija: 2.5 metros

Tasa de germinación: 98%



La diferencia entre las dos boquillas

Tipo de boquilla	Boquilla centrífuga	Boquilla de presión
Bloqueo	No es fácil de bloquear	Fácil de bloquear
Atomización de medicina líquida	Promedio	Distribucion desigual
Ajuste de atomización	Ajustable	No se puede ajustar
Reemplazo de mantenimiento	Conveniencia	Complejo
Spray variable	Sí	No
Medicamento en aerosol	Se puede pulverizar polvo, suspensión, concentrado emulsionable	No rocía polvo

Trabajos de Calibración en Drones



Trabajos de Calibración en Drones



Trabajos de Calibración en Drones





Trabajos de Calibración en Drones





Trabajos de Calibración en

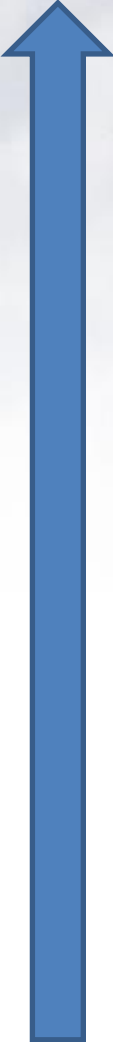




Trabajos de Calibración en Drones



Trabajos de Calibración en Drones





Trabajos de Calibración en Drones

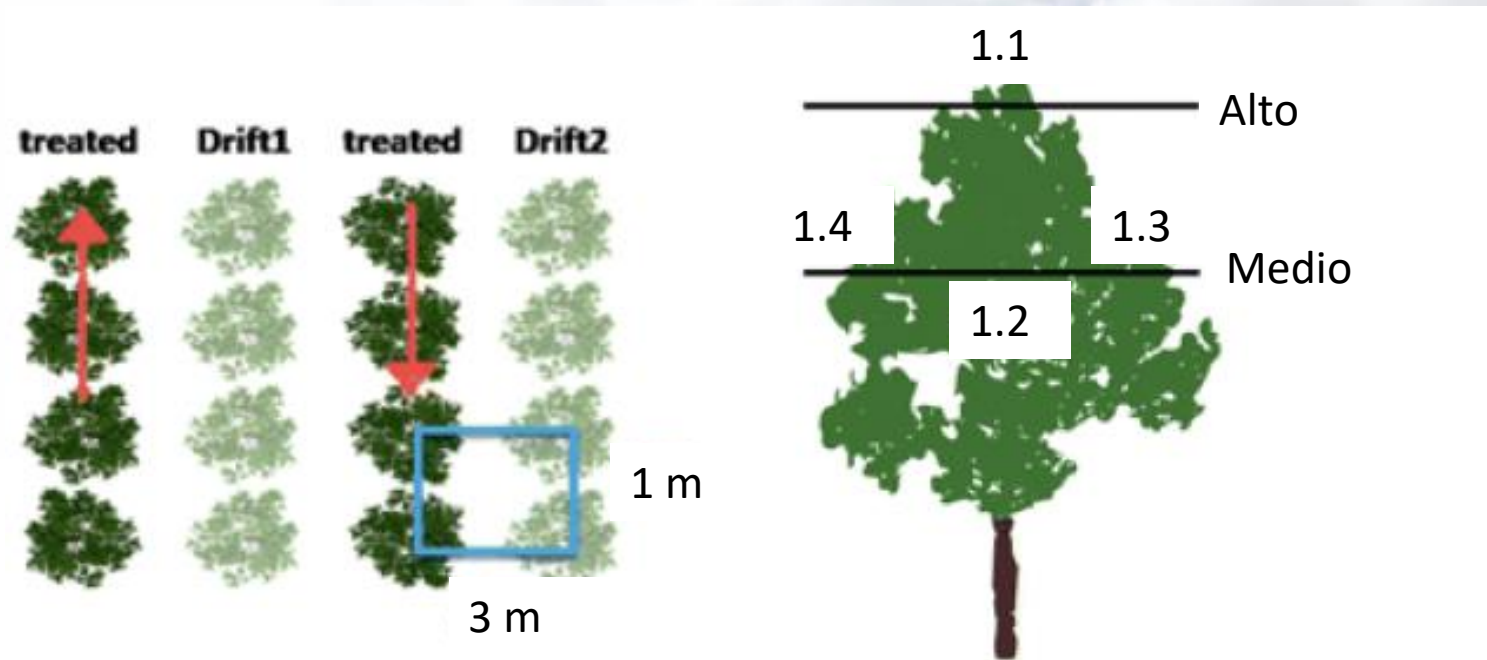




Trabajos de Calibración en Drones

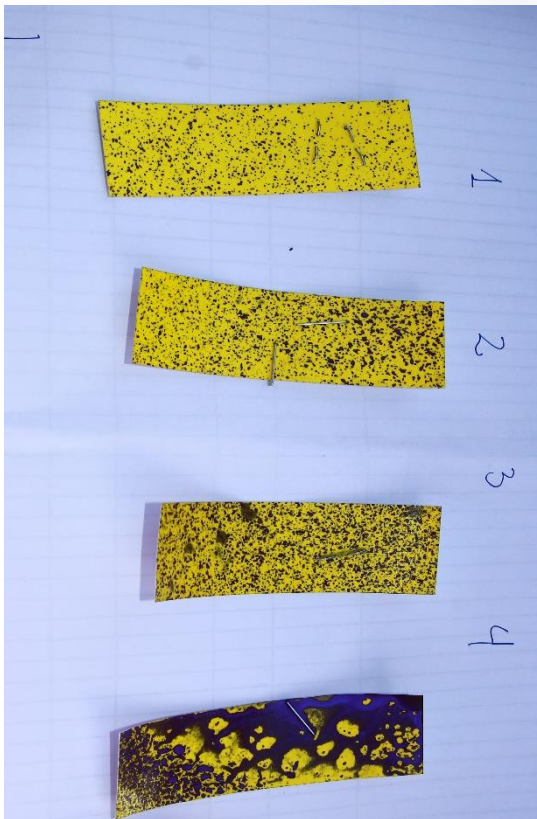


Estudio comparación Maquina Turbo/Dron Fumigador



Trabajos de Calibración en Turbo/Dron

Turbo

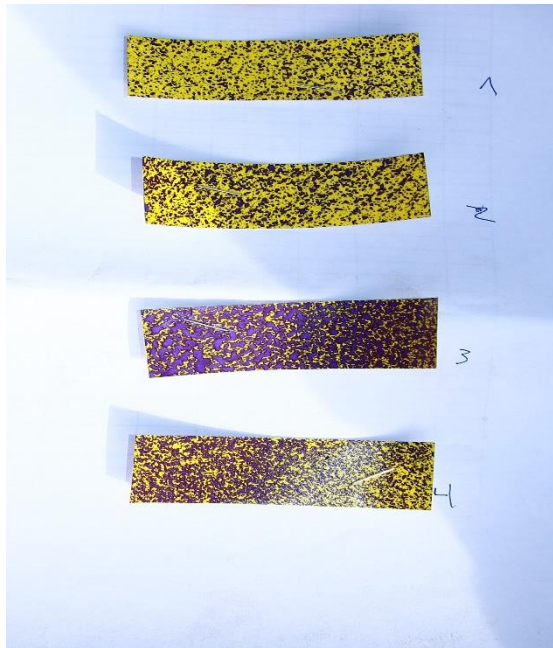


Dron

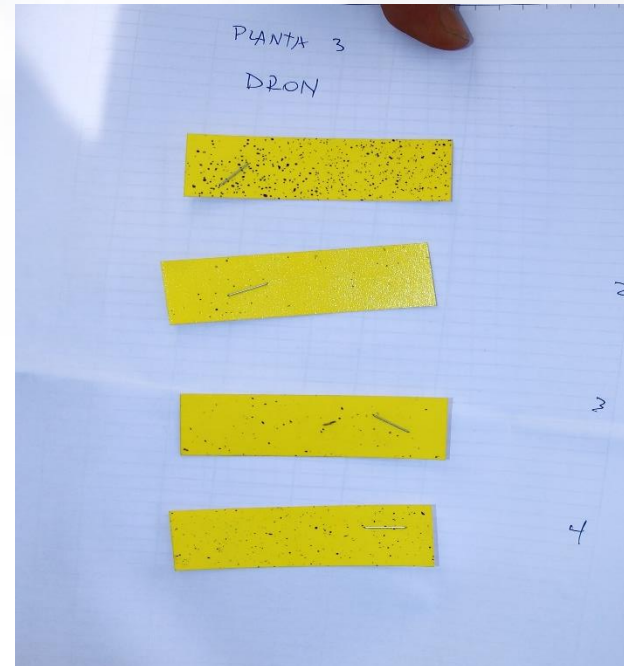


Trabajos de Calibración en Turbo/Dron

Turbo



Dron



Arándanos 1 año



Trabajos de Calibración en Drones



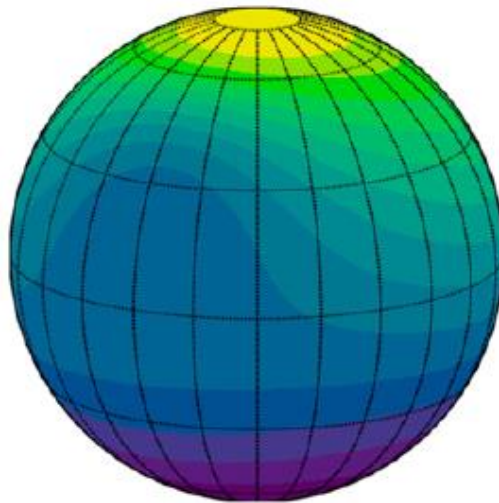
Evaluación de pulverización en Huertos de cítricos



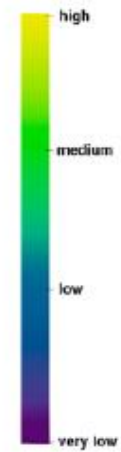
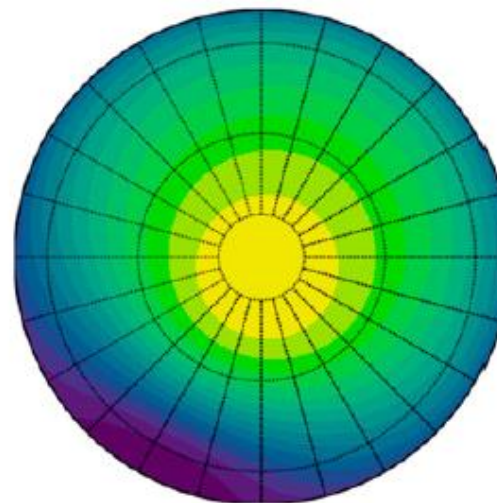
- ▮ **Una** aplicación de antena UAV utilizando una configuración de boquilla única. **b** Aplicación de pulverización convencional de productos comerciales en naranjos con equipo tractor + implemento

ATHOS Sprayer Droplet Distribution

Lateral View

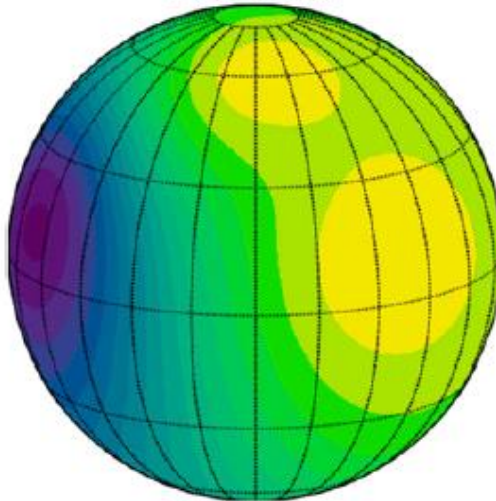


Upper View

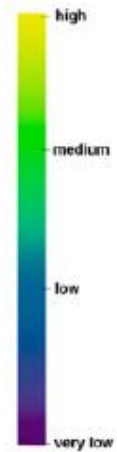
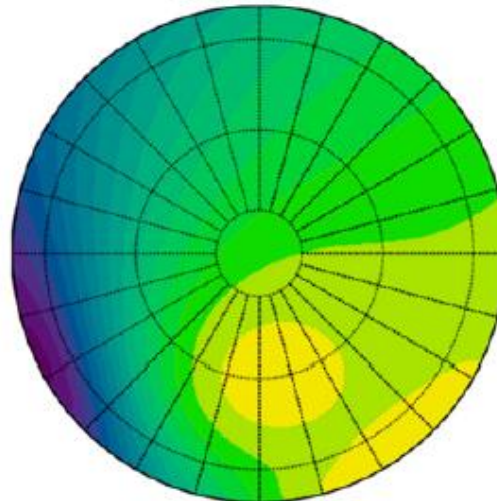


Conventional Sprayer Droplet Distribution

Lateral View



Upper View



Cerezos

Dron /11001

Fumigador/ Nebulizador

Producto	Dosis Its /ha	Mojamiento 30 /40 Its
indar	1,2	
Bas foliar algae	3	
Nutri Boro	1	
Resis	1	

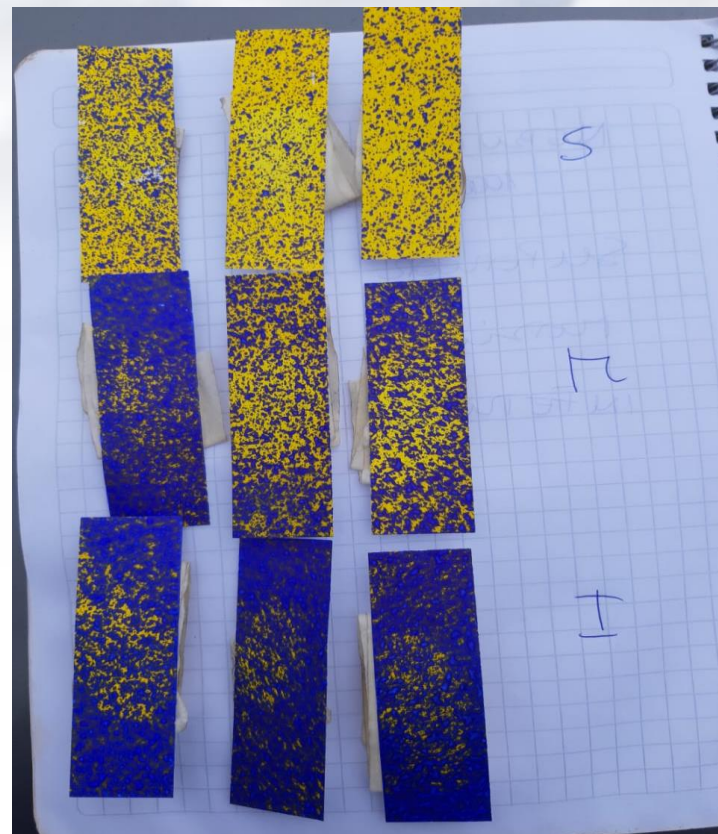
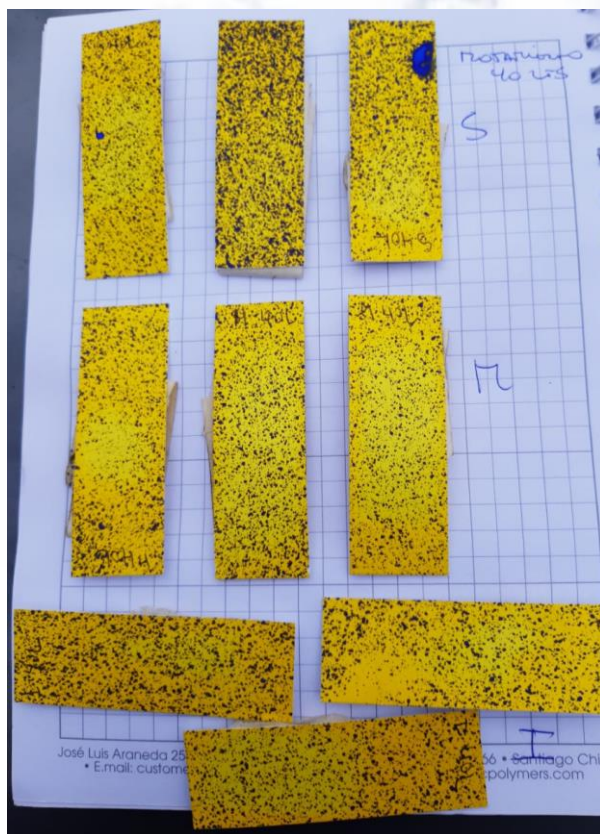
Producto	Dosis Its /ha	Mojamiento 1000 Its/ha
indar	1,2	
Bas foliar algae	3	
Nutri Boro	1	
Resis	1	



Efectos de la Aplicación

Dron: 40/ha Its

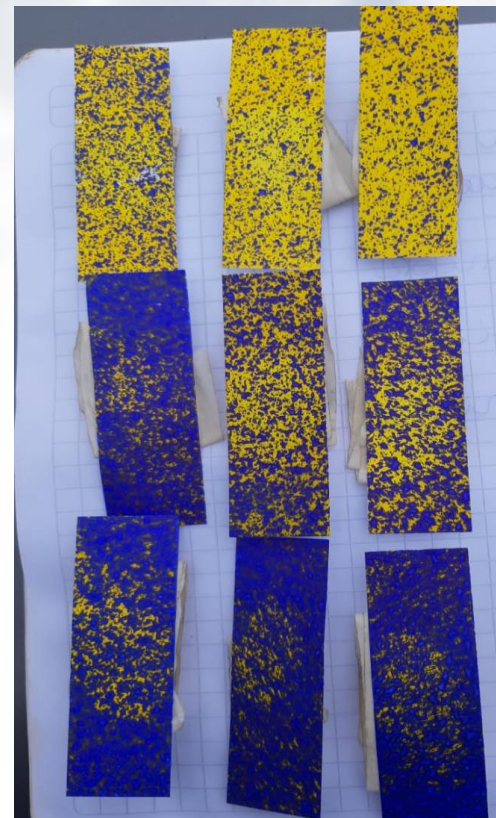
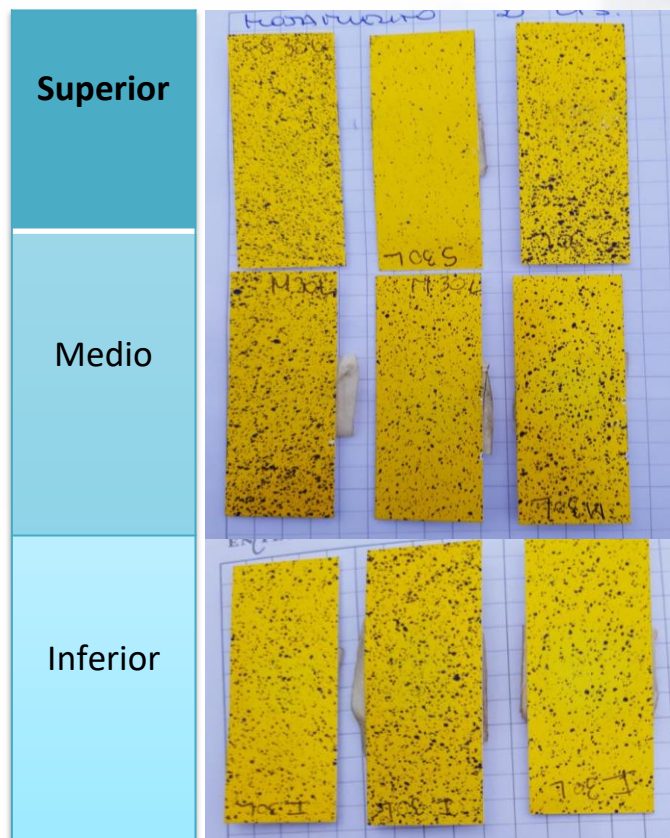
Fumigador/Nebulizador 1000 Its/ha



Efectos de la Aplicación

Dron: 30/ha Its

Fumigador/Nebulizador 1000 Its/ha

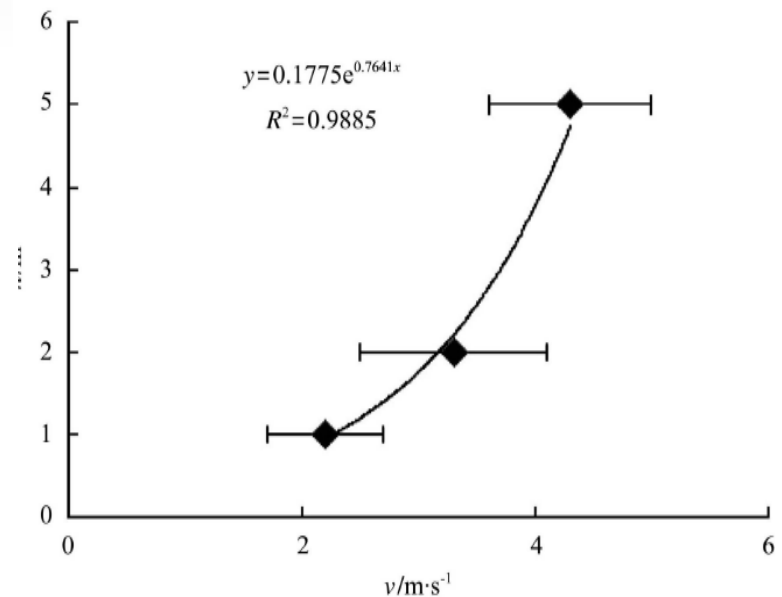


Condiciones de Vuelos

- Los experimentos han llevado a cabo una humedad relativa $55\% \pm 10\%$ y un deficit de vapor de humedad (v.p.d.) 37.8 ± 6.3 mbar.
- Humedades alta generan gotas mas grandes, en cambio temperaturas muy altas se evaporan mas fácilmente.

Velocidad del Viento y temperatura del aire promedios
En un minuto durante la medición

Measured quantity	Wind speed/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$			Air temperature/ $^{\circ}\text{C}$	
Height of measurement	1.0 m	2.0 m	5.0 m	1.0 m	2.0 m
Field conditions	2.2 ± 0.5	3.3 ± 0.8	4.3 ± 0.7	28.3 ± 0.6	29.3 ± 0.5



- Fig: Curva de ajuste, velocidad del viento con la altura

Ensayos Viñas

- Equipo utilizado para el control: Drone agras Mg1s.
- Fecha de aplicación: 23/10/2019
- Productos utilizados: Karathane Gold. Dosis 80cc/ha
- Rufas 75EW. Dosis 160cc/ha
-
- Descripción de los Productos:
- Rufas 75 EW. Es un insecticida- acaricida que tiene acción de contacto e ingestión y un rápido efecto de control sobre arañas, polillas y trips en frutales y viñedos, su ingrediente activo es acrinatrina y pertenece al grupo químico de los piretroides.

Información Técnica

- Volumen de aplicación: 20 Lts/ha
- Ancho de trabajo: 4mts
- Boquilla utilizada: ATR 80 Cono Hueco
- Velocidad del equipo: 18 km/hrs
- Altura de Vuelo: 2,5 m
- Velocidad del viento: 2,5 km/hrs
- Temperatura: 19°C

Fotos de las tarjetas hidro sensibles.

- Dichas tarjetas fueron colocadas para observar el tamaño de las gotas y el cubrimiento del mojamiento



Mecanización Moderna

