



Smart Apply de John Deere

Verificación de este sistema como medio de pulverización selectiva

Pilar Barreiro, Natalia Hernández Sánchez, Belén Diezma Iglesias, Carlos Bustos, Lourdes Lleó García, Jorge Muñoz, Pablo Guillén, Antonio Rabasco, Constantino Valero, Vicente Lillo.

LPF_Tagrafia, ETSIAAB, UPM-CEI Moncloa.

En este artículo se presentan los resultados preliminares de la prueba de campo realizada para la validación del sistema de aplicación inteligente de fitosanitarios Smart Apply en viñedo. Esta prueba se ha llevado a cabo en la Finca El Socorro del Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (Imidra).

El concepto *targeted-spraying*, si se realiza una traducción directa del término, es una aplicación en forma de pulverización empleando tiro al blanco (la traducción literal de *target* es diana), esto es, selectiva.

En términos coloquiales, tiro al blanco en el contexto de los tratamientos fitosanitarios mediante pulverización hidroneumática, implica el empleo de un sistema de detección de alta resolución espacial, como el LiDAR (*Light Detection and Ran-*

ging), encargado de establecer dónde se encuentran las dianas, es decir, que midiendo el tiempo que tarda en regresar un pulso de luz, calcula la distancia recorrida y, de esa forma, obtiene la información tridimensional de los elementos, generando la nube 3D de puntos de dianas a alcanzar.

El concepto *smart apply*, aplicación inteligente, supone la realización de la tarea en presencia de incertidumbre adecuándola a la variabilidad del entorno. Podemos encontrar antecedentes directos de hace más de 20 años.

La pulverización selectiva e inteligente es la base del Intelligent Spray Control System desarrollado por el USDA (Departamento de Agricultura de EE.UU) que ha derivado en un equipo en modo *stand alone* (sin combinación con ningún otro dispositivo electrónico). El sistema está

A LONG WAY TOGETHER



AGRIMAXFACTOR THE ONLY FACTOR THAT MATTERS

Sea cual sea su trabajo en el campo, AGRIMAXFACTOR, la nueva serie 70 de BKT para tractores, es perfecta tanto para el transporte como para el laboreo del suelo. El diseño innovador de la banda de rodadura y la robusta carcasa de poliéster garantizan una estabilidad lateral extraordinaria y una respuesta de dirección más rápida, incluso para operaciones a alta velocidad o servicio pesado. El área de contacto con el suelo, aumentada en un 5%, reduce significativamente la percepción de ruido en la cabina, lo que es sinónimo de mayor comodidad. Además, el logotipo exclusivo "E-READY" en la pared lateral destaca el compromiso de BKT con la movilidad eléctrica y hace que este producto sea adecuado para vehículos eléctricos. Excelente manejo y estabilidad, junto con una mayor durabilidad, son las características clave que hacen de AGRIMAXFACTOR el neumático adecuado para su seguridad y comodidad, incluso en condiciones de trabajo difíciles.



Descubre la gama radial de BKT

BKT

GROWING TOGETHER

[in](#) [f](#) [X](#) [v](#) [@](#) [d](#)
[bkt-tires.com](https://www.bkt-tires.com)



Smart Apply está instalado de manera combinada en un atomizador Teyme Eolo GTE10 dotado de tecnología Isobus.

avalado por pruebas de campo y publicaciones científicas del USDA, así como validaciones llevadas a cabo en los últimos diez años por reconocidas universidades estadounidenses (Ohio State University, Oregon State University, University of Tennessee).

La empresa Smart Apply fue seleccionada por John Deere para la comercialización de sus productos de pulverización inteligente, con la vocación de mejorar el sistema original; de hecho, esta empresa de base tecnológica ha sido adquirida/absorbida muy recientemente por Deere & Company.

Ahora bien, la implantación en Europa de un sistema de estas características implica un conocimiento profundo de la idiosincrasia de la agricultura europea, tanto en los países del norte como en las áreas mediterráneas; así como de los sistemas de producción basados en parcelas relativamente pequeñas en comparación con EE.UU y Australia.

Si hay un aspecto que caracteriza a la UE es su normativa ambiental, muy exigente, y una Política Agraria común (PAC-27) en constante renovación (ecorregímenes), y con la Ley de la Restauración de la Naturaleza (una nueva ley para restaurar

el 20 % del suelo y el mar de la UE) como horizonte más próximo para los sistemas productivos actuales.

En este contexto, el John Deere Parla Innovation Center para cultivos de alto valor (CIJD) ha financiado en el marco de la Cátedra Universidad Empresa (UPM-JD) un proyecto de corta duración (6 meses) encaminado a realizar una primera valoración de la adaptabilidad de esta tecnología de reconocido prestigio a las particulares condiciones de la UE.

En el LPF_Tagralia, como reconocido grupo de investigación de la UPM, estamos llevando a cabo esta labor, y presentamos en esta prueba de campo los resultados preliminares de la validación del Smart Apply en viñedo, en la Finca El Socorro del Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (Imidra).

Los ensayos que se refieren en este artículo se llevaron a cabo durante la primera semana de julio de 2024 y terminaron con la visita de diversos expertos europeos seleccionados por John Deere para mostrar el proceso de evaluación que se está llevando a cabo. El proyecto incluye la evaluación del sistema en cítricos y termina el 31 de diciembre de 2024.

Tractor John Deere 5ML Narrow

El tractor 5ML Narrow es el modelo empleado en estos ensayos de campo. Todos los detalles de este tractor, absolutamente nuevo en su diseño, ya se han comentado en una prueba de campo anterior, en el suplemento Vida Rural Maq 542 (Barreiro y colaboradores, 2023). Baste por tanto decir que el tractor JD 5ML (Narrow) es la unidad de tracción que John Deere propone como ejemplo perfecto para los cultivos de alto valor, a emplear en combinación con los atomizadores Teyme y el equipo Smart Apply.

El tractor 5ML está disponible en su configuración estándar o estrecho (Narrow) según se desee emplearlo en plantaciones frutales como manzanos, cítricos, frutos secos, entre otros; o bien en viñedos con anchos de calle estrechos. Las máquinas que han formado parte de esta prueba de campo tienen las siguientes equipaciones:

- John Deere:
 - 5ML Narrow.
 - Starfire & pantalla UT 4640 (NMEA by USB).
 - JDLink/Operation Center.
 - Smart Cloud (Lidar+GPS).

- Teyme:
 - Eolo GTE10.
 - Atomizador arrastrado.
 - Tres coronas de pulverización, 48 boquillas.
 - ISOBUS Task controller (SC).

Al equipamiento típico del tractor John Deere 5ML (Narrow), en este ensayo se ha incorporado una antena StarFire7000 que aporta precisión RTK (± 2 cm), así como un controlador de tareas y pantalla Isobus UT JD 4640; ambos equipos ampliamente descritos en la prueba de campo mencionada.

Una semana antes del ensayo en la finca del Imidra, se realizaron unas pruebas para familiarizarnos con el conjunto tractor/atomizador/Smart Apply, a la que acudió un técnico de Teyme para verificar el correcto uso de las funcionalidades del sistema Isobus, como se detallará posteriormente.

El sistema Smart Apply es capaz de controlar independientemente la pulverización de cada boquilla sin modificar la presión de trabajo, adaptándose a las características de volumen y densidad del dosel vegetal a tratar

Teyme como empresa asociada

Tal como se mostró en la jornada de conmemoración del segundo aniversario del John Deere Innovation Center en Parla, Teyme es una de las empresas integradas

en el ecosistema de entidades empresariales del centro de innovación. Por tanto, hay una comunicación directa y constante con JD y con los concesionarios para realizar mejoras y nuevos diseños de equipos.

Concretamente, Smart Apply está instalado de manera combinada en un atomizador Teyme Eolo GTE10 dotado de tecnología Isobus. La ECU del pulverizador transfiere los parámetros de funcionamiento al controlador de tareas, y terminal universal, empleando el conector estándar.

Cuando se trabaja sin el sistema Smart Apply, con el equipo Teyme con Isobus se puede verificar y controlar en tiempo real el caudal (modo auto, proporcional a la velocidad de avance), manteniendo constante la dosis aplicada a pesar de variaciones en el régimen de motor y/o la marcha elegida. El equipo Teyme dispone de sensores de presión y caudal digitales, dos elec-



SIEMBRA UNIVERSAL Y DIRECTA

¡ KVERNELAND !

Las nuevas rejas NCT instaladas en la reconocida sembradora ts-drill Kverneland permiten la siembra directa sobre rastrojo, manteniendo la estructura del suelo y el consumo mínimo de potencia, a la vez que facilitan el mantenimiento.



Prueba de campo realizada en la finca El Socorro del Imidra para obtener la información que se visualiza en el terminal del sistema Smart Apply, comparándola con los registros manuales de volumen de vegetación.

troválvulas de control de secciones y sus respectivos retornos tarados, y ofrece un procedimiento semiautomatizado de configuración de los parámetros de trabajo, que resulta muy práctico para un agricultor profesional y aún más para las empresas de servicios a terceros.

Antes de comenzar a trabajar en modo Smart Apply activado es imprescindible seguir los procedimientos convencionales de calibración del equipo, como son: la selección de la boquilla más adecuada al tipo de tratamiento, el ajuste de la presión del circuito hidráulico, la verificación de los retornos tarados y la selección de velocidad típica de trabajo; en muchos equipos encontraremos el término velocidad simulada dado que éste será el valor por defecto cuando la antena pierda la señal satelital.

En este caso, de cara a la aplicación de un volumen de aplicación de 420 l/ha se seleccionó un conjunto de 14 boquillas ISO 01 naranjas, trabajando a 7 bar y a una velocidad de avance de 3,6 km/h.

Para esta prueba se dispuso de un atomizador de grandes dimensiones, aunque hubiera sido preferible un equipo suspendido. Hay que justificar este hecho, dado que este conjunto John Deere 5ML (Narrow) + Teyme Eolo GTE10 + Smart Apply es el evaluado también en cítricos, en la finca



Antes de proceder a la prueba, el responsable de la empresa Kyle Fogle realizó el cubicaje máximo estimado del dosel de las viñas en la línea de referencia.

Las Torres del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA Alcalá del Río, Sevilla).

Principios básicos del Smart Apply

El sistema Smart Apply se vende como un kit para ser instalado en pulverizadores hidroneumáticos nuevos y en uso, incluyendo tanto los equipos más sencillos con válvulas de acción manual como

los equipos con válvulas de accionamiento eléctrico mediante electro-interruptores (*electro-switches*), ordenadores sencillos, así como sistemas que incorporen la tecnología Isobus, como es el equipo Teyme utilizado en estas pruebas.

El sistema Smart Apply es capaz de controlar independientemente la pulverización de cada boquilla sin modificar la presión de trabajo, adaptándose a las características de volumen y densidad del dosel vegetal a tratar (objetivo). Para ello integra un sensor de escaneo láser de alta velocidad (LiDAR), un programa de procesa-

miento de señales diseñado a medida, un controlador automático de aplicación variable y válvulas especiales con actuación por solenoide para la variación individual del caudal de cada boquilla (**figura 1**).

El programa residente en local en un ordenador (en este caso una tablet) calcula los volúmenes de las secciones del dosel y las densidades del follaje correspondientes a cada boquilla, y luego calcula el ciclo de trabajo para las señales de modulación de ancho de pulso (PWM) que sincronizan la salida de pulverización con la detección del sensor láser. Una vez determinado el ciclo de trabajo deseado, un circuito controlador de válvulas genera y amplifica las señales PWM con el ciclo de trabajo requerido y acciona las válvulas solenoides para controlar de forma independiente los caudales de las boquillas y lograr la función automática de dosis proporcional a la densidad del dosel. Una antena GPS permite determinar

El ahorro de fitosanitario alcanza en torno al 50% en Smart Apply pulsado, mientras que en modo ON/OFF solo se alcanza un 15% de ahorro; este modo equivale al empleo de sensores de ultrasonidos convencionales

la geolocalización de los árboles y la velocidad real de trabajo.

Registro de datos

En esta prueba de campo en la finca El Socorro del Imidra, hemos dispuesto de

una amplia variedad de tecnologías instaladas, aunque en este artículo nos vamos a referir específicamente a la información que se visualiza en el terminal del sistema Smart Apply, comparándola con los registros manuales de volumen de vegetación, y de validación de aplicación de caldo en tierra o *Ground Truth*, según se denomina habitualmente en el ámbito anglosajón.

Diseño de experimentos

Un mes antes de realizar los ensayos, en una visita a la finca El Socorro del IMIDRA se seleccionó la parcela de trabajo más adecuada: ancho de calle mínimo de 2,7 m, con dos sistemas de conducción: simple (CS) o doble cordón (CD). Hay que destacar la magnífica labor del responsable y técnicos de la finca del Imidra que, atendiendo a los requerimientos técnicos, tenían las cepas perfectamente sujetas y

NEUMÁTICOS FIABLES PARA UN MUNDO EN CONSTANTE EVOLUCIÓN

Campos húmedos, pastos resbaladizos, terrenos montañosos y largas carreteras. Los neumáticos Mitas trabajan con eficiencia y fiabilidad en todas las condiciones. Equipando varios tipos de maquinaria agrícola y apto para numerosas aplicaciones, los neumáticos Mitas aseguran a los profesionales agrícolas mantener el ritmo del rápido desarrollo de la agricultura. Neumáticos Mitas, trabajando duro desde 1932.

mitas-tyres.com

Mitas

la cubierta desbrozada en la línea de referencia, lo que es necesario para garantizar que la nube de puntos del LiDAR refiera exclusivamente a las cepas y no a la vegetación herbácea adventicia.

Trabajamos sobre cuatro calles (8 hileras de vides), cada una con tres tramos de una longitud en torno a 130 m; todas las cepas (247) se clasificaron individualmente, de manera manual, atendiendo al volumen de copa: alto (H), medio (M), bajo (L), y otros (O); 165, 25, 48 y 9 cepas respectivamente.

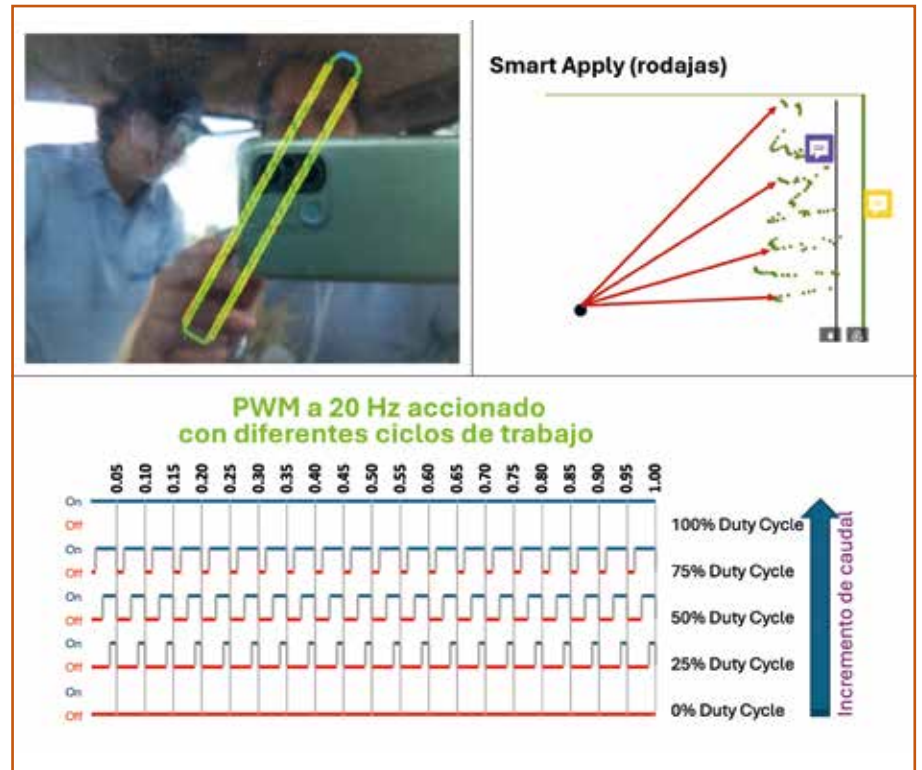
Los ensayos de comparación entre modalidades (manual, sin Smart Apply; Smart Apply en modo ON/OFF, no pulsado; y Smart Apply pulsado) se realizaron sobre la línea I (34 cepas): 17 cepas a izquierda y derecha, 85 m² de superficie a tratar por calle (pruebas 1 y 2). Posteriormente se validó en el resto de las hileras II a VIII (prueba 3). El número de cepas por hilera es ligeramente diferente al tratarse de una finca experimental con varios sistemas de conducción y distancia entre cepas dentro de cada hilera: a más vides por hilera, menor distancia entre pies.

Antes de proceder a la prueba, el responsable de la empresa Kyle Fogle realizó (mediante una pasada en modo evaluación) el cubicaje máximo estimado del dosel de las viñas en la línea de referencia; empleó una aplicación informática aún en versión beta (en pruebas). El resultado del cubicaje propuso una dosis de aplicación máxima de 132±31 ml/m³. Complementariamente, desde las herramientas digitales DosaViña y Dosa3D, en las condiciones de la parcela, se derivó una recomendación máxima de 155 ml de caldo por m³ de vegetación (dosel).

Ejemplo preliminar de uso

A continuación se muestran los distintos ensayos realizados y los resultados obtenidos en la prueba de campo real realizada en el viñedo citado.

FIGURA 1. Visualización en planta del contorno de la nube de puntos de la salida del LiDAR (arriba a la derecha); ejemplo de funcionamiento de una electroválvula PWM (abajo).



Calibración del equipo e idoneidad de la aplicación

La verificación del caudal de las 14 boquillas ISO naranjas, a la presión de trabajo preseleccionada (7 bar) se realizó para una dosis de referencia de 420 l/ha con 2,7 m de distancia entre hileras y una velocidad de trabajo de 3,6 km/h (1 m s⁻¹), siendo los valores verificados de 0,77 l/min con una variación inferior al 5% como recomienda la norma.

Modo manual vs modos de Smart Apply

En esta prueba de campo, el volumen relativo de caldo aplicado (respecto al tratamiento testigo) en cada una de las pruebas: manual (testigo), ON/OFF y pulsado. Se observa que en el modo Smart Apply ON/OFF (detección de vegetación y apagado de la pulverización en el espacio sin plantas), el ahorro varía entre el 7,5% y el 13%, mientras que en el modo Smart

Apply pulsado, este ahorro se incrementa muy significativamente, aspecto actualmente en evaluación, con mayor potencial en aquellas hileras en las que la variabilidad de dosel es mayor. Por tanto, a mayor variabilidad del volumen de copa por parcela, mayor es la eficacia del sistema y por tanto la rentabilidad potencial del equipo.

Cuando se calcula el volumen relativo de caldo aplicado (%) respecto al valor de referencia manual (470 l/ha) en función de la estimación a priori del volumen de caldo máximo para el correspondiente volumen de copa (ml/m³) en la parcela se puede visualizar el ahorro potencial de la tecnología Smart Apply. En este acercamiento muy preliminar, el ahorro de fitosanitario (mayor cuanto mejor es la estimación a priori de la densidad máxima de copa), alcanza en torno al 50% en Smart Apply pulsado, mientras que en el modo ON/OFF solo se alcanza un 15% de ahorro; este

TU PRODUCCIÓN NO PUEDE QUEDAR EN EL AIRE

Con las ayudas para seguros agrarios de la Junta de Andalucía, tu producción ganadera estará asegurada ante las adversidades climáticas.





Ejemplo de evaluación de la calidad de tratamiento mediante papeles hidrosensibles.

modo de trabajo equivale al empleo de sensores de ultrasonidos convencionales.

Por otra parte, en esta prueba se ha cuantificado además el volumen relativo de caldo aplicado en las 4 calles de la parcela experimental del Imdra. Las diferencias detectadas en el modo pulsado son achacables a variaciones en la densidad foliar entre las 4 líneas, y sólo el modo pulsado es capaz de acotar las variaciones del volumen de copa, en este caso ajustando el volumen relativo de caldo entre hileras en un 10% (68%-58%).

Particularidades de uso del Smart Apply en la UE

Si consideramos las potenciales condiciones de incorporación de la tecnología Smart Apply a la agricultura europea, muchos plantean que es razonable establecer la eterna dicotomía entre agricultura del norte y agricultura mediterránea. Sin embargo, siguiendo la propuesta del CIJD, vamos a considerar los cultivos de alto valor como referencia. Todos los llamados cultivos de alto valor, son plantas vivaces

de porte arbustivo o arbóreo, con sistemas de conducción, injerto y poda muy variables. En el caso de la vid: vaso, espaldera, emparrado, entre otros; en otros cultivos arbóreos: porte tradicional (incluso marco real 10x10 m²), semi intensivo, intensivo, superintensivo (más de 2.500 pies por ha). En otras especies como cítricos, frutos de pepita y hueso, puede resultar fundamental considerar además el portainjerto que junto con el sistema de poda afecta de manera drástica al desarrollo de copa y a su densidad.

A las particularidades anteriores hay que añadir en la UE una estructura de las fincas muy variable, con parcelas en España típicamente pequeñas (1-1,5 ha), dispersas y en ocasiones distantes entre sí; con una formación del propietario o tenedor, o empresario agrario muy desigual. El número de empleados promedio va desde uno (el propietario) hasta decenas de trabajadores a tiempo completo, parcial y/o temporal.

Todo ello redunda en una tipología de parques de maquinaria tremendamente variable que exige considerar en detalle las especificaciones y requerimientos respecto al Cuaderno Digital de Explotación,

y el uso de herramientas informatizadas avanzadas.

Toda esta tipología de fincas y empresas se pueden abordar desde la plataforma software (local y en la nube) Smart Apply. Por ello el uso de la herramienta de gestión de fincas de Smart Apply no es trivial y ha de ser estudiada en profundidad, especialmente en el caso de grandes empresas con fincas dispersas por la geografía nacional e incluso supranacional.

Por otra parte, partimos de situaciones de tecnificación muy diversas, desde equipos casi mecánicos en su totalidad (sin asistencia eléctrica ni control electrónico), hasta parques con tecnología media: caudal proporcional al avance; hasta tecnológicamente muy avanzados: Isobus (con y sin control de secciones), y/o manejo de mapas para la aplicación variable de insumos.

La tecnología Smart Apply que nosotros hemos ensayado en esta prueba de campo se puede incorporar directamente en equipos de atomización mecánicos que estén bien mantenidos y calibrados (caso paradigmático en EE.UU), mientras que para parques de maquinaria muy avanzados (habituales en fincas muy profesionalizadas y empresas de servicios) será necesaria una mínima adaptación mediante pasarelas de datos y de señales de control.

El diagnóstico y evaluación de las necesidades de adaptación de la tecnología Smart Apply es la finalidad última del proyecto de innovación dirigido por Natalia Hernández Sánchez, actualmente responsable del grupo de investigación consolidado de la UPM LPF-Tagralia. Este proyecto está financiado por CIJD en el marco de la cátedra universidad empresa UPM-JD.

Bibliografía

Las referencias bibliográficas están disponibles vía correo electrónico a: pilar.barreiro@upm.es. ■



Kubota



Lo mejor de España
puede ser tuyo.



kes.kubota-eu.com / [@kubotaspain](https://www.instagram.com/kubotaspain) / [#kubota](https://www.facebook.com/kubota)

For Earth, For Life
Kubota