

## Tecnología Innovadora en Biosistemas Frutícolas

*Carlos Magdalena INTA - Alto Valle, Argentina*

Presento las experiencias de innovación tecnológica con el objeto de mitigar los efectos de la escasez de mano de obra y mejorar la calidad del trabajo en el Alto Valle del Río Negro, en Argentina, en el norte de la Patagonia. El área es una de las principales productoras de peras y manzanas del hemisferio sur, con 50,000 ha aproximadamente de árboles bajo riego, con la consideración que Argentina es uno de los principales exportadores de peras del mundo.

El desarrollo tecnológico generado durante la era del industrialismo ha producido grandes aportes al agro en general y a la fruticultura en particular, pero se estancó en los años 60, a diferencia de los cultivos extensivos que con la tecnología continúan en evolución.

Las pulverizadoras con asistencia de aire o aspersoras, fueron un aporte relevante a mediados del siglo pasado. Sin embargo no han surgido innovaciones radicales. Con algunas incorporaciones menores, las pulverizadoras aún son las más utilizadas por los fruticultores de todo el mundo.

Durante el último medio siglo se produjeron pocas

innovaciones radicales en el sector primario. Podría mencionar como innovación radical, entre otros, a los porta injertos enanizantes, que permitieron la instalación de cultivos compactos, la cosecha con grandes cajones de 350 kg llamados bins, la defensa contra heladas por aspersión y el método de la confusión sexual para control de insectos.

Los cultivos frutícolas para consumo fresco y muchas explotaciones hortícolas son los sectores agrícolas con menor crecimiento en la productividad de la mano de obra, debido al limitado acceso a los cambios tecnológicos, como es la mecanización y la electrónica. Es la tendencia desde por lo menos durante el último siglo.

La producción frutícola deberá afrontar problemas de productividad y eficiencia durante esta nueva época globalizadora, ya que la competencia para llegar a los mercados del mundo con la calidad de los productos en el tiempo oportuno, implica una fuerte competencia:

- Necesidad de disminuir insumos externos a la explotación, como químicos en fertilizantes, herbi-



*Plataformas para poda, cosecha y otras tareas culturales.*



*Incorporación de sensores a la plataforma.*

cidas y fungicidas por costos y por la demanda creciente de los consumidores que cada día exigen más productos orgánicos.

- Aumento de los costos de producción, tanto porque se depende en gran medida de la mano de obra, porque también el incremento de la productividad tiene un alto costo.

• Es necesario mejorar la productividad de la mano de obra y a la vez la calidad del trabajo cuando el destino es el consumo directo. La competencia con el perfil del duro trabajo agrícola se da con sectores de todo tipo, que en muchas ocasiones ofrecen mejores salarios, como en el turismo, la industria petrolera, la minería, la construcción y los servicios en general.

• La fruticultura mundial tiene un déficit histórico de mano de obra calificada, y es difícil que acepte avances tecnológicos en la cosecha. Se requiere mano de obra calificada por muchos años más, pues son pocas las posibilidades de llegar a tecnologías específicas para la cosecha mecánica de cada producto frutícola. Una paradoja asociada a esta nueva época es la siguiente: "mayor población en el mundo, en los países y las regiones, pero menor disponibilidad de trabajadores para operaciones manuales rurales". En fruticultura hoy se debe producir con más calidad y can-

tidad, pero disponemos de menos recursos humanos, calificados y no calificados.

La cosecha mecánica de frutas está restringida a aquellas que tendrán un destino industrial, por ejemplo: vid, olivo, frutas para bebidas, dulces y conservas. En estos casos, la importancia en término de golpes o defectos por maltrato en la fruta son menores que para las exigencias del consumo directo, donde la presentación y el estado de la fruta son primordiales. Por eso en la totalidad de las plantaciones frutales con destino al consumo directo, la poda y la cosecha se hacen en forma manual.

Esto se debe a lo difícil de contar con equipos que protejan la calidad del producto y seleccionen los cortes de acuerdo a las características de cada fruto en la poda y cosecha, como son: tamaño, forma y condiciones. No obstante, para la poda mecanizada se están desarrollando soluciones tecnológicas más promisorias, que en el caso de la cosecha mecánica quizás por el maltrato que tiene sobre la apariencia del fruto, redundan en una baja de la calidad.

Los equipos mecánicos y electrónicos sin operarios para realizar algunas de las tareas de cosecha en frutos como el manzano y la pera, no han superado la etapa experimental y en general requieren un elevado



Sistema de conducción en muro frutal (izquierda). Podadora de cizalla (derecha).

costo de inversión de capital. El método manual predominará durante los próximos años, por este motivo el desarrollo tecnológico se ha dirigido como auxiliar en el mejoramiento de la capacidad y calidad de trabajo de los operarios. Debido a esta realidad se han adoptado las ayudas mecánicas para poda y cosecha. Esta adopción, conocida desde hace décadas en Europa, se está instalando con fuerza en la actualidad en otras regiones frutícolas del mundo. El uso de ayudas mecánicas permite un fuerte aumento de la productividad, pero fundamentalmente una mejora en la calidad del trabajo con mayor inclusión de obreros, que por cuestio-

nes físicas no podían acceder a esas tareas. Como ejemplo, para cosechar con escalera una hectárea con un rendimiento estimado de 50 mil kg, se siguen los siguientes pasos:

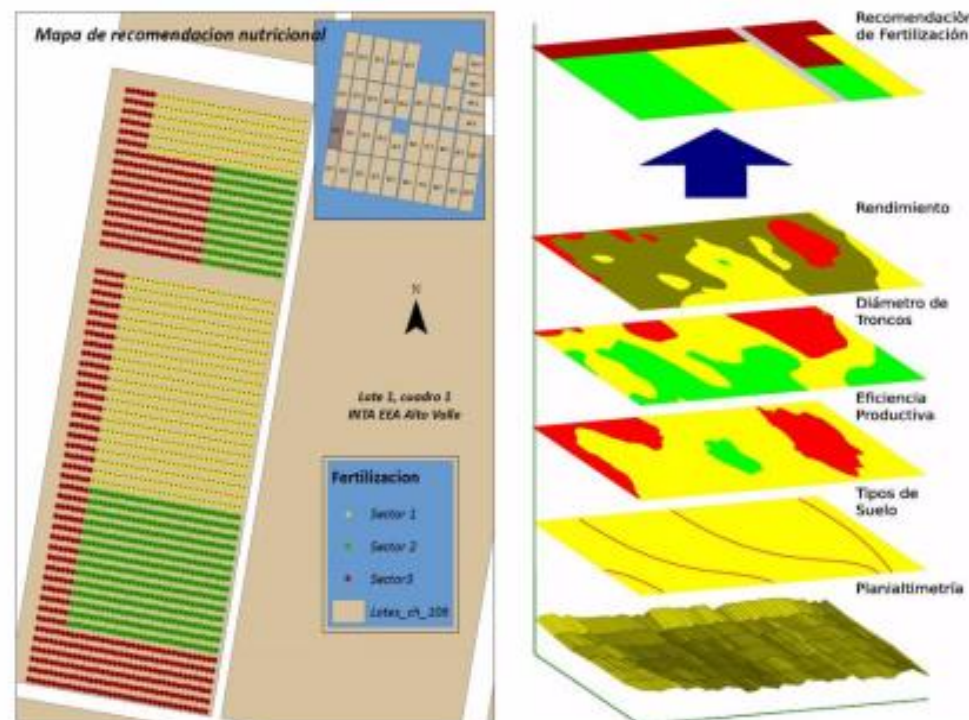
- Se llenan de 2000 a 3000 recolectores de entre 15 y 20 kg de fruta
- El operario camina entre 50 y 125 km
- La escalera es movida entre 1800 y 2500 veces.

Otras tareas que se pueden realizar con plataformas son:

- Monitoreo de plagas
- Colocación de emisores de feromonas de confusión sexual para insectos
- Colocación de redes

- Raleo de frutos
- Colocación de aspersores.

En la actualidad también se plantea como objetivo reducir la altura de los árboles y realizar tareas totalmente pedestres, eliminando el uso de la escalera. Debido a que las plataformas, portando a los operarios, se desplazan por el campo de manera ordenada, fila a fila, se puede pensar en la instalación de aditamentos electrónicos que faciliten la "fruticultura de precisión". Las plataformas portarían sensores que oriente hacia la "agricultura de precisión", basada en rutas y mapas, o con sensores a tiempo real. Entendemos por "agricultura de



Serie de mapas elaborados para Fruticultura de precisión, donde se destaca el de rendimiento (izquierda), mapa de prescripción para fertilización variable (derecha).

precisión" el uso de tecnologías y principios para el manejo de la variabilidad espacial y temporal asociada a todos los aspectos de la producción agrícola, con el propósito de mejorar la productividad del cultivo y la calidad ambiental. (Pierce y Nowak, 1999). La tecnología nos permite hacer mapas de rendimiento, de suelos, censar el volumen de un árbol con diferentes objetivos, como por ejemplo: dosificación variable de fertilizantes y agroquímicos y predicción de rendimiento y calidad. La elaboración de mapas de rendimiento sería

un gran paso hacia la "fruticultura de precisión" que tiene como ventajas elevar la productividad de la mano de obra y cuidar el estado de los productos. Nuevos sistemas de conducción para poda y raleo mecánico y cosecha con ayudas mecánicas. El uso de plataformas mejora la productividad de la mano de obra en poda y raleo. Sin embargo, la adopción de procesos integrales mecanizados avanza sostenidamente y modifica los sistemas de conducción. El sistema asociado a la mecanización y que se propaga entre los fruticultores es el "muro frutal", sis-

tema de conducción de frutales adaptado a la mecanización, que consiste en una pared productiva que no supera los 80 cm de ancho y favorece las labores en plataformas automotrices. En la Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle (EEA AV) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) se han realizado dos temporadas de evaluaciones con este sistema y presenta resultados promisorios. El sistema de conducción en muro permitiría el raleo mecánico; en Europa se utiliza cada vez más la máquina raleadora modelo comercial Darwin; y se

han desarrollado nuevos modelos con distintos diseños, pero igual principio. La máquina consiste en un árbol rotante que porta apéndices de goma que ralean flores por efecto mecánico.

Tecnología de aplicación de agroquímicos

Los aspersores utilizados en fruticultura tuvieron un avance tecnológico trascendente en la década de los 50, con la aplicación del aire como elemento de transporte. Posteriormente el desarrollo tecnológico pareció estancarse en estos pulverizadores con ventiladores axiales y centrifugos hasta nuestros días, a los que sólo se adaptaron aditamentos de menor importancia. Los aspersores han demostrado un alto grado de ineficiencia.

Hace unos años comenzó a generalizarse el llamado "túnel de aplicación" o "equipos de reciclados" que recuperan el agro-

químico que no es captado por la planta por efecto de deriva, o bien el que se perdería en el suelo por efecto de la coalescencia.

Si bien el uso de túneles de reciclado disminuye la deriva y reduce el uso de plaguicidas, la adopción de la tecnología se circunscribe a cultivos de porte controlado como viñedos, frutos finos o frutales de pepita y carozo. En cultivos tradicionales los aspersores tradicionales aún muestran la mayor versatilidad.

Aspersores inteligentes

Hace dos décadas se exploraba qué reemplazaría al paradigma de las aplicaciones tradicionales de agroquímicos por aspersión en fruticultura. La concreción de los cambios de sistemas de conducción de porte controlado, darían lugar a máquinas innovadoras, con recursos desconocidos que permitirían una aplicación más eficiente.

El sistema de reciclado parecía ocupar ese lugar de reemplazo de todo lo conocido. Sin embargo, la irrupción de un cambio de época con profundos cambios tecnológicos ha modificado esas presunciones. La nueva tecnología electrónica y las TIC's, seguramente permearán el uso de tecnologías en todos los campos de la agricultura.

En la actualidad tenemos vehículos agrícolas autoguiados y se visualiza para el futuro inmediato la irrupción de vehículos autónomos para la toma de datos y la realización de tareas.

Están disponibles controles electrónicos a distancia, monitores de control de aplicación, reglas electrónicas para controlar el volumen del tanque para agua, sensores para la detección del blanco de aplicación y otros dispositivos de conexión a distancia para los aspersores frutícolas modernos.



*Pulverizadora hidroneumática.*



*Raleadora mecánica.*

Por otra parte, se conocen proyectos en distintas partes del mundo para proveer elementos de control a los modernos aspersores frutícolas.

Se mencionó el trabajo sobre sensores LIDAR (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging) que identifican el volumen de la planta y permitirán accionar sobre el volumen de aplicación y sobre el volumen de transporte de aire en distintos sectores del árbol.

Si recibimos información de estaciones meteorológicas por internet, o bien incorporar aditamentos de monitoreo climático en el equipo de aplicación, podemos

tomar decisiones sencillas, como detener o continuar la aplicación; hasta complejas, como los controles activos que modifican la velocidad y el caudal del flujo de aire y otras operaciones sobre los equipos.

Vivimos cambios de época con nuevas tecnologías que revolucionan las estructuras productivas en la agricultura. La electrónica y las tecnologías de la información y comunicaciones generan cambios tan profundos como lo fue el motor de combustión interna en el agro y la industria en el siglo pasado, sólo que las innovaciones transformarán con profundidad todas las áreas y etapas de la

agricultura. El reto será la fuerte competencia por los mercados mundiales en un ambiente de cambio climático que afectará a la fruticultura, el sector más delicado de la agricultura; con demanda de calidad creciente orientada a la producción orgánica y sustentable.