

No busques más



Spotter[®] WG

El fungicida que tiene todo lo que necesitas
para frutales de pepita, olivo y almendro

 tradecorp[®]
— A ROVENSA COMPANY —

Sumario

5

EDITORIAL.

#INNOVACIÓN, EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD: LA HOJA DE RUTA.

NUEVA AGRICULTURA.

GENÉTICA +
NUEVOS MODELOS DE CULTIVO +
TECNOLOGÍA

8

BASES TECNOLÓGICAS DE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN

Àlex Escolà. Coordinador del Grupo de Investigación en AgróTICA y Agricultura de Precisión de la Universitat de Lleida – Agrotecnio-CERCA Center.

16

LA DIGITALIZACIÓN COMO HERRAMIENTA PARA UNA PRODUCCIÓN EFICIENTE

Mario González. Gestixplot Director Técnico.

22

INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTA DE VIVERO Y EN LOS MODELOS AGRONÓMICOS DE FRUTALES

Ignasi Iglesias¹ y Àlex San Miguel²

¹ Technical Manager. Agromillora Group.

² Sustainability Director. Agromillora Group.

34

EL PROGRESO DE LA MEJORA GENÉTICA EN FRUTALES: ¿CÓMO SERÁN LAS VARIETADES Y PATRONES EN EL HORIZONTE 2040?

Iban Eduardo, Pere Arús, Ramón Dolcet-Sanjuan, María José Rubio-Cabets, María Ángeles Moreno e Ignasi Iglesias

46

UN SUEÑO HECHO REALIDAD: EL ROBOT RECOLECTOR DE FRUTA FRESCA

Avi Kahani y Gad Kober. FFRobotics Ltd. (Israel)

52

PULVERIZADORES AUTÓNOMOS PARA FRUTALES

Gary Thompson y Dave Guss, GUSS (California, USA)

8



EJEMPLOS PRÁCTICOS DE INNOVACIÓN POR EMPRESAS

60

DIGITALIZACIÓN: NECESITAMOS UNA AGRICULTURA CONECTADA PARA DIRIGIR TODA EMPRESA AGRÍCOLA CON SEGURIDAD

Amalia Martínez Rodríguez. Responsable de Comunicación Isagri.

70

AFOROS DE COSECHA EN TIEMPO REAL: UNA HERRAMIENTA PARA LA MEJORA DE LA COMPETITIVIDAD DE LAS EMPRESAS FRUTÍCOLAS

David Francés, CEO AGERPIX (Soria, España)

74

DIGITALIZACIÓN Y BIG DATA EN EL SECTOR DE LOS CULTIVOS DE ALTO VALOR: SOSTENIBILIDAD, RENTABILIDAD Y SALUD

Fede Pérez, Pulverizadores FEDE (España)

78

LA AGRICULTURA EN CONSTANTE CAMBIO Y EVOLUCIÓN

Kathryn Van Weerdhuizen, Directora de mercados globales. Grupo PloegerOxbo.

82

AGRICULTURA DIGITAL. EL CAMINO HACIA LA AGRICULTURA SOSTENIBLE

Feli Bórnez, Marketing Estratégico Regaber

86

LA AGRICULTURA DEL SIGLO XXI: PRODUCIR MÁS CON MENOS RECURSOS

Manuel Gómez Carmona, Ingeniero agrónomo. PLM de Agricultura inteligente y Nuevas tecnologías en Naandan Jain Ibérica

92

MICROORGANISMOS Y BIOESTIMULACIÓN: CUANDO LA AGRICULTURA SE PONE EN MANOS DE LA BIOTECNOLOGÍA

Alejandro Salvador, Inmaculada del Castillo, Mercedes Verdeguez, Javier Nacher y Marta Muñoz. IAM & SEIPASA

100

¿POR QUÉ ESTABLECER ZONAS DE GESTIÓN A PARTIR DE IMÁGENES DE SATÉLITE?

Patricia Salas y Marta Mercadal, SONEA

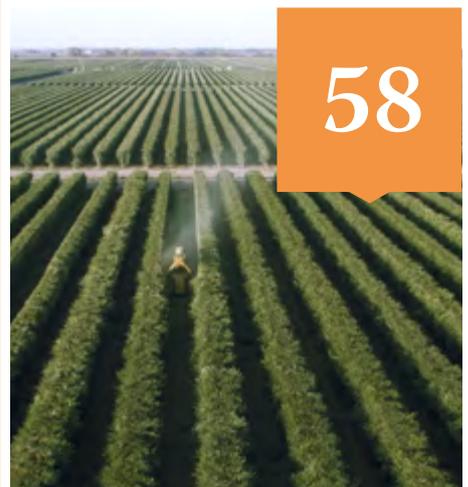
104 JUNTOS CRECEMOS

108 OLINT PEOPLE

110 OLINT TV

113 BLOG OLINT

58



EDICIÓN



Agromillora Iberia, S.L.

El Rebato, s/n
08739 Subirats - Barcelona, Spain
Tel. 93 891 21 05
Fax 93 818 31 20

DIRECCIÓN

Ares Calderero

REDACCIÓN

Gerardo Brox, Ares Calderero, Nicola Dallabetta, Ignasi Iglesias, José Manuel Lacarte, Manuel López, Rubén Márquez, Esther Montañés, Alberto Obregón, Virginia Pérez, Xavier Rius, Roberto Roberti, Héctor Rodríguez, Giuseppe Rutigliano, Ainhoa Sánchez, Cristóbal Sánchez y Patricio Villalba.

CONTACTO

info@agromillora.com
www.agromillora.com

Periodicidad semestral
D.L. 14.068/2000

DISEÑO E IMPRESIÓN

Gràfiques Kerpe, SL
Pere El Gran, 16
08720 Vilafranca del Penedès
www.kerpe.cat

NUESTRAS REDES SOCIALES



facebook.com/Agromillora/



@AgromilloraGroup



agromilloragroup



OlintOliveTrees



RadiseiTM

Máxima potencia desde la raíz



Con *Bacillus subtilis* SEIBS23.
Cepa exclusiva de Seipasa

Descubre el
bioestimulante
radicular más potente
para tus cultivos

N.º Registro: F0004121/2029



Bioinsecticidas • Biofungicidas • Bioestimulantes

Tel. 962 541 163 • www.radisei.com

consulta@seipasa.com • [f](#) [t](#) [@](#) [in](#) [v](#)

Premio Nacional
de Innovación 2020
Pequeña y Mediana Empresa



Encuentra tu distribuidor SEIPASA
más cercano en
seipasa.com/distribuidores


seipasa[®]
natural technology

Editorial

Ignasi Iglesias,
Doctor Ingeniero Agrónomo
Technical Manager Agromillora Group

#Innovación, eficiencia y sostenibilidad: la hoja de ruta.

Estamos asistiendo a los mayores cambios tecnológicos experimentados por la humanidad desde la revolución industrial. Cambios que afectan a todos los sectores de la economía y a los que la agricultura y la producción de alimentos no son ajenos. El aumento previsible de la población mundial hasta los 10 billones de habitantes en 2050 requerirá un incremento en la producción de alimentos del 30%. A ello se une la menor disponibilidad del suelo agrícola por la erosión, la desertificación, la presión urbanística y el cambio climático. ¡Habrá que producir más alimentos con menos recursos!

La hoja de ruta de la nueva PAC 2023-2027 viene caracterizada por las políticas verdes que emanan del Pacto Verde y de las estrategias “del campo a la mesa” y “de la biodiversidad”, que obligaran a una importante reducción del uso de pesticidas, de fertilizantes y a un aumento de la producción ecológica. A ello hay que añadir los objetivos de neutralidad climática en las emisiones de gases de efecto invernadero para el 2050, de los cuales la agricultura es responsable en un 17%. Todo ello está a la vuelta de la esquina y no hay otra forma de alcanzarlos que mediante un uso eficiente de inputs y una producción ambientalmente sostenible. Eficiencia que vendrá de la mano de los modelos agronómicos basados en el mejor material vegetal, plantaciones intensivas con árboles de pequeño volumen y copas bidimensionales, y una tecnología de producción basada en la mecanización, la robótica y la digitalización.

En los cultivos leñosos el proceso productivo se basa en tres pilares: material vegetal (patrones y variedades), sistema de conducción adoptado y tecnología de producción que incluye a productores, técnicos y empresas proveedoras de tecnología. Todo ello deberá combinarse de forma eficiente para a partir de las variables suelo-clima-planta, obtener producciones óptimas en cantidad y calidad, y al menor coste posible. Y es que en frutales entre el 60 y el 75% del coste de producción corresponde a los inputs, en particular mano de obra, productos fitosanitarios y fertilizantes.

La digitalización, basada en el uso y aplicación de las tecnologías disponibles nos proporciona datos de ayuda para tomar mejores decisiones de manejo en los cultivos gracias a la información que nos proveen y forma parte fundamental en el reto de crear sistemas

de cultivo agro-sostenibles. Además, es la base de una agricultura de mayor precisión en “el cómo y el cuánto” del uso de los inputs. Los softwares agrícolas deberán ser capaces de aglutinar toda esta información (suelo, clima, satélite, cultivo, tareas...) bajo un mismo paraguas. Hay que ver el pack tecnológico, no como un objeto de negocio exclusivo de las empresas proveedoras, sino como una herramienta de ayuda a la toma de decisiones a disposición de los agricultores para que sus empresas sean más competitivas. Para ello es necesario pasar de las decisiones basadas en la “intuición” a las basadas en “la ciencia y en los datos”. La información y la formación serán los pilares básicos para todos aquellos que quieran permanecer en el sector productor. Decisiones como por ejemplo cuando aplicar un tratamiento fitosanitario y aplicarlo a dosis variable o con un equipo autónomo, aplicar el herbicida solo dirigido a las malas hierbas, conocer cuando es el momento óptimo de regar y con qué cantidad, o el momento de realizar el aclareo químico de frutos o poder realizar un aforo de cosecha. Y como no disponer de equipos robotizados para el aclareo de flores, frutos o para la recolección o la poda. Este es el pack de innovación tecnológica que posibilitará una gestión más eficiente de inputs y una reducción de los costes de producción. Mas ciencia y tecnología, menos inputs. Hay que “hacer más con menos”, este es el concepto de “intensificación sostenible” propuesto por la FAO.

Es con el objetivo de aportar información detallada sobre la innovación tecnológica que se ha planteado el presente monográfico núm. 38 de OLINT. El material vegetal en el Horizonte 2030, los modelos agronómicos 2D, la agricultura 4.0, las nuevas tecnologías de aplicación tratamientos fitosanitarios y de recolección, de monitorización del riego, del abonado, nuevos productos nutricionales, aforos de cosecha, imágenes satelitales, sensores clima-suelo, software de predicción micro climática y de gestión, recolección robotizada o agro-inteligencia, son algunos de los aspectos abordados en el presente número. Siendo conscientes de que la lista de innovaciones es inacabable, hemos querido aportar en este número una muestra de lo más destacable y que se ampliará en números sucesivos. Bienvenidos a la agricultura del presente y del futuro, con la mirada puesta en la innovación para un uso eficiente de insumos y una producción sostenible tanto ambiental como socialmente y de las rentas de los productores.

**La hoja de ruta de la nueva
PAC 2023-2027 viene
caracterizada por las políticas
verdes que emanan del Pacto
Verde y de las estrategias «del
campo a la mesa» y «de la
biodiversidad»**

SOSTENIBILIDAD

EFICIENCIA

BLOQUE 1

PACTO VERDE

NUEVA AGRICULTURA:

Genética +
Nuevos modelos de cultivo +
Tecnología

CAMBIO CLIMÁTICO

INNOVACIÓN

BASES TECNOLÓGICAS DE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN

Àlex Escolà, Coordinador del Grupo de Investigación en AgróTICa y Agricultura de Precisión de la Universitat de Lleida - Agrotecnio-CERCA Center.

LA DIGITALIZACIÓN NO ES UNA OPCIÓN

Mario González, Gestiexplot Director Técnico.

INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTA DE VIVERO Y EN LOS MODELOS AGRONÓMICOS DE FRUTALES

Ignasi Iglesias, Technical Manager Agromillora Group.
 Àlex San Miguel, Sustainability Director Agromillora Group.

EL PROGRESO DE LA MEJORA GENÉTICA EN FRUTALES: ¿CÓMO SERÁN LAS VARIEDADES Y PATRONES EN EL HORIZONTE 2040?

Iban Eduardo¹, Pere Arús¹, Ramón Dolcet-Sanjuan²,
 María José Rubio-Cabetas³⁻⁴, María Ángeles Moreno⁵ e Ignasi Iglesias⁶

¹ IRTA-CRAG Bellatera, ² IRTA-Fruitcentre, ³ Unidad de Hortofruticultura. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), ⁴ Instituto Agroalimentario de Aragón – IA2 (CITA-Universidad de Zaragoza), ⁵ CSIC Estación Experimental de Aula Dei, ⁶ Agromillora Group.

UN SUEÑO HECHO REALIDAD: EL ROBOT RECOLECTOR DE FRUTA FRESCA

Avi Kahani y Gad Kober, FFRobotics Ltd. (Israel)

PULVERIZADORES AUTÓNOMOS PARA FRUTALES

Gary Thompson y Dave Guss, GUSS (California, USA)

Bases tecnológicas de la Agricultura de Precisión

Àlex Escolà

Coordinador del Grupo de Investigación en
AgróTICa y Agricultura de Precisión de la
Universitat de Lleida – Agrotecnio-CERCA Center.

Introducción

La ardua tarea de alimentar a la humanidad encomendada a agricultores y a técnicos no solo implica la producción de alimentos suficientes sino también la responsabilidad de velar por el medio ambiente. Así, el uso de recursos agrícolas, además de ser eficaz, debe, necesariamente, ser eficiente.

Por consiguiente, el objetivo de la agricultura moderna es doble: incrementar las producciones y conseguir una actividad agrícola sostenible. Dicha sostenibilidad no solamente se refiere al medio ambiente, implica, además, que las explotaciones agrícolas puedan sobrevivir, hablando en términos económicos. Es por ello que estamos frente a la necesidad de posibilitar el incremento de la producción de manera sostenible para el reto que supone el incremento de los alimentos en un 30 % para los próximos 30 años.

Se exponen a continuación los principales aspectos referentes a la evolución de la agricultura y al desarrollo de la Agricultura de Precisión como herramienta clave para el uso eficiente y sostenible de los insumos en el proceso productivo.

Evolución y ciclo de la Agricultura de Precisión

Para conseguir una producción creciente de alimentos, desde la sedentarización de los primeros Homo sapiens, la agricultura ha experimentado varias revoluciones. En la **Figura 1** se muestra una de las posibles clasificaciones de su evolución por etapas.

En la Agricultura 1.0, agricultores y jornaleros estaban en estrecho contacto con sus campos puesto que los recorrían a velocidad de trabajo de bueyes y mulas. Tenían tiempo de sobras para observar sus características, entender su variabilidad y manejarlos en consecuencia. Así, una zona muy productiva seguramente recibiría más estiércol que una zona con una producción limitada por el tipo de suelo o su profundidad. Este conocimiento de los campos y el manejo específico de cada zona según sus

características se perdió en la Agricultura 2.0, con la aparición de los tractores y la mecanización agraria. Los pequeños campos se agruparon en campos mayores, la velocidad de trabajo pasó de los 2 o 4 km/h de los bueyes a los 5 o 8 km/h de los tractores. El agricultor dejó de recorrer sus propiedades a pie y se montó en un vehículo que tenía la obligación de trabajar muchas horas y mucha superficie y hacerlo a gran velocidad para recuperar la inversión. Las dosis se armonizaron para la nueva unidad de manejo: todo el campo. Un campo que, por haber crecido con la anexión de los campos colindantes, era ahora todavía más variable. El uso de los recursos agrícolas perdió eficiencia en aras de incrementar la producción al mínimo coste posible.



Figura 1.
Evolución y clasificación por etapas de la Agricultura.

Actualmente, podríamos decir que nos encontramos en la denominada Agricultura 3.0. La sociedad se ha dado cuenta de que no todo vale para incrementar la producción y los beneficios. Hemos comprobado que el uso indiscriminado de fertilizantes, herbicidas y productos fitosanitarios es perjudicial para el medioambiente y, por consiguiente, para la humanidad a la que debemos alimentar. Y hace ya un tiempo que estamos hablando de utilizar los insumos de forma razonable y lógica. Es decir, de forma eficiente y sostenible. La digitalización ha contribuido enormemente a esta revolución. Pero, cuidado, digitalizar no es suficiente! Estrictamente hablando, la digitalización es el proceso por el cual pasan los datos de analógicos a digitales, del papel a los ceros y unos, del archivador a la carpeta del ordenador o del cuadernillo a la hoja de cálculo.

Y el mero hecho de tener datos digitales no implica, automáticamente, que las decisiones tomadas sean mejores. La digitalización ha permitido la automatización de muchos procesos, la recopilación y análisis de datos históricos, la integración de datos provenientes de fuentes diversas y variadas.

Es así como los datos digitales convenientemente analizados pueden convertirse en información útil para que el agricultor y los técnicos puedan tomar decisiones de manejo mejor documentadas. Y aquí es donde entra en juego la Agricultura de Precisión.

Según la Sociedad Internacional de Agricultura de Precisión (la ISPA, en inglés), *la Agricultura de Precisión es una estrategia de gestión que recoge, procesa y analiza datos temporales, espaciales e individuales y los combina con otras informaciones para respaldar las decisiones de manejo de acuerdo con la variabilidad estimada, y así mejorar la eficiencia en el uso de recursos, la productividad, la calidad, la rentabilidad y la sostenibilidad de la producción agrícola.*

En definitiva, lo que pretende la Agricultura de Precisión (AP) es utilizar técnicas y tecnologías para brindarle al agricultor aquel conocimiento de su pequeño campo que tenía durante la Agricultura 1.0 y que perdió durante la Agricultura 2.0. La AP también facilita herramientas para poder hacer un manejo sostenible y adecuado a las características particulares de cada zona dentro del campo. Es decir, lo que pretende la AP es pasar de la unidad de manejo campo a la unidad de manejo zona, dentro de ese campo. En la Agricultura 2.0, todo el campo recibía la misma dosis de riego, la misma dosis de fertilizante, la misma dosis de fitosanitarios, el laboreo era uniforme y la siembra o plantación, también.

El campo era tratado como una unidad uniforme, invariable, indivisible. En cambio, en una primera etapa (**Figura 1**), la AP utiliza observaciones del propio agricultor pero también sensores, ya sean próximos o remotos, para recopilar datos sobre el campo y sobre el cultivo. En una segunda etapa, se analizan los datos conseguidos y se observa si el suelo del campo o el cultivo presentan variaciones importantes que puedan justificar un manejo a una escala menor que la unidad campo. Es decir, se convierten los datos en información útil para que el agricultor y sus asesores puedan tomar decisiones de manejo más documentadas. Estas decisiones se toman en la etapa tercera y la primera de ellas es decidir si se mantiene un manejo uniforme para todo el campo o bien si la variabilidad detectada justifica, agrónomica y económicamente, una actuación variable en el campo.

¡SABEMOS LO QUE TENEMOS!

Un producto tan importante y saludable como el aceite de oliva.

Sabemos que OLEA es la gama de soluciones innovadoras, eficaces y flexibles para la adecuada fisioactivación y protección fitosanitaria del olivar con la garantía de UPL.

Nos adelantamos a las futuras necesidades del agricultor y del medio ambiente, mediante la estrategia Pronutiva[®], logrando un mayor impulso al rendimiento, protección y rentabilidad de sus cosechas.

Fisioactivadores • Insecticidas • Herbicidas • Fungicidas • Coadyuvantes

GOACTIV[®] PRO • SYLLIT[®] MAX • NOVICURE[®] • THIOPRON[®]



upl-ltd.com/es



pronutiva
Crop Solutions



Figura 2.
Ciclo de la Agricultura de Precisión,
empezando por la etapa de Adquisición
de datos.



Finalmente, una vez elaborada la prescripción correspondiente, en la cuarta etapa se procederá a materializar la operación y si se trata de una actuación variable se pueden utilizar las tecnologías de dosificación variable de la AP para llevarla a cabo (VRT en inglés). Asociadas a cada etapa del ciclo de la AP aparecen técnicas, tecnologías y herramientas disponibles para llevarlas a cabo (Figura 2). El ciclo de la AP se puede llevar a cabo de tres maneras distintas. La primera es la denominada **Agricultura de Precisión basada en mapas**. En ella, los datos tomados en la primera etapa deben localizarse mediante receptores GNSS (Global Navigation Satellite Systems) para, posteriormente, en la segunda etapa, poderlos interpolar y representar la distribución espacial de la variable medida en forma de mapa (mapas de características del suelo, mapas de vigor del cultivo, mapas de cosecha, modelos digitales del terreno, etc.). La prescripción resultante de la etapa de toma de decisiones también tendrá forma de mapa (mapa de dosis de siembra, mapa de dosis de fertilizante, mapa de dosis de fitosanitarios, etc.). Y ese mapa de prescripción se puede cargar en el controlador del tractor o bien de un apero equipado con tecnologías de dosificación variable para que, automáticamente, el equipo vaya modificando la dosis aplicada en función de su posición en el campo según lo indicado en el mapa de prescripción.

Es evidente que la base de este tipo de AP es la georeferenciación de los datos, de las decisiones y de los equipos y para ello, es casi imprescindible el uso de receptores GNSS en la primera etapa y la última y el manejo de datos georeferenciados y sistemas de información geográfica (SIG) en la segunda y en la tercera.

Hay otro modo de practicar la AP, la denominada **Agricultura de Precisión en tiempo real**. Así como en la AP basada en mapas entre la adquisición de datos y la actuación en campo pueden pasar varias horas o días o incluso semanas, en la AP en tiempo real el ciclo se ejecuta, como indica el propio nombre, en tiempo real. Así, mientras el tractor y el apero van circulando por el campo, los sensores embarcados toman los datos, el controlador de a bordo los procesa y los analiza, se toma una decisión y los controladores del apero la ponen en práctica en el mismo momento. En cuestión de milisegundos se llevan a cabo las cuatro etapas. Si bien en este tipo de AP no es necesario georeferenciar los datos ni la prescripción, sí resulta conveniente hacerlo para tener un registro de lo que realmente se ha realizado en el campo. Tampoco escapará al lector que la inmediatez de la AP en tiempo real no permite relacionar los datos tomados sobre la marcha con otras informaciones disponibles, como tampoco permite prever la cantidad de insumo a aplicar a priori.

La tercera metodología para llevar a cabo la AP es, simplemente, la fusión de las dos anteriores. Así, la toma de datos georeferenciada y la ejecución del mapa de prescripción en la cuarta etapa del ciclo va a ser afectada por la intervención de sensores y actuadores que modularán la dosis final aplicada en función de los datos tomados en tiempo real.

Para entender mejor lo anteriormente expuesto, vamos a ver un ejemplo basado en la aplicación de productos fitosanitarios en plantaciones de especies leñosas. Habitualmente, la aplicación de fitosanitarios en este tipo de plantaciones se realiza mediante pulverización foliar. Como su nombre indica, el objetivo de este tipo de tratamientos es la superficie de las hojas y es evidente que, cuanto más superficie foliar tenga una planta, más cantidad de producto debería pulverizarse para conseguir una deposición suficiente. Si consideramos una plantación con todos los árboles exactamente iguales, una dosis uniforme de producto para la plantación sería lo más indicado. Sin embargo, la realidad dista mucho de esta suposición. Los árboles suelen crecer de forma variable, especialmente si se trata de una plantación de gran superficie. Estas diferencias pueden ser debidas a características cambiantes del suelo, a la incidencia variable de plagas y enfermedades, a un sistema de riego deficiente,

etc. Así las cosas, el vigor de las plantas o su estado sanitario o hídrico pueden provocar un crecimiento diferenciado dentro de una misma plantación dando lugar a plantas con diferente superficie foliar. En este caso, la aplicación de una dosis uniforme daría lugar a diferencias en la cantidad de materia activa depositada en las hojas de cada planta. Así, un árbol pequeño podría resultar sobredosificado mientras un árbol grande, con muchas más hojas, podría resultar subdosificado. Pues bien, es en este caso en el que la AP y una aplicación variable tendría pleno sentido.

Para ello podríamos poner en práctica la Agricultura de Precisión basada en mapas. En este caso, sería necesario elaborar un mapa de la cantidad de vegetación en cada punto de la parcela. Este tipo de mapas se puede elaborar a partir de sensores de vigor u otro tipo de sensores embarcados en plataformas remotas tales como satélites, avionetas o drones o bien en plataformas terrestres. Los sensores de vigor son, habitualmente, sensores radiométricos que estiman el vigor de una planta en base, por ejemplo, a la actividad fotosintética que realizan y se asume que un árbol vigoroso tendrá más superficie foliar que un árbol de la misma plantación menos vigoroso. Una vez elaborado el mapa del cultivo y clasificado el vigor de las plantas, es necesario generar un mapa de prescripción, asociando una dosis de fitosanitario a cada clase de vigor. Finalmente, si la variabilidad del cultivo es alta o presenta poca estructura espacial, lo más recomendable es utilizar un pulverizador equipado con tecnologías de dosificación variable, capaz de autoregularse para variar el caudal pulverizado en función de la zona de la plantación en donde se halle, a partir del mapa de prescripción (Figura 3).

Otra opción sería la Agricultura de Precisión en tiempo real. En este caso, el pulverizador debe embarcar un sensor o grupo de sensores que vayan midiendo las dimensiones de las copas y su frondosidad para ajustar la cantidad de caldo fitosanitario aplicado a las características de la vegetación. Para ello, es necesario que el pulverizador vaya equipado también con actuadores que modifiquen de forma continua el caudal pulverizado en tiempo real.

Tanto en el caso de la AP basada en mapas como en la basada en tiempo real, es muy conveniente que el pulverizador incorpore un receptor GNSS y sensores de caudal o presión con el fin de generar un registro de la dosis de fitosanitario realmente aplicada en cada punto de la plantación. Estos datos permitirán al agricultor y al técnico disponer de la información necesaria para evaluar la calidad del tratamiento y relacionarla con su eficacia biológica.

Finalmente, una fusión de las dos metodologías sería el caso de un pulverizador capaz de interpretar y ejecutar un mapa de prescripción con dosis diferentes en zonas distintas de la plantación y, a la vez, estar equipado con un sensor de detección de vegetación. Así, en el caso de estar en una zona con una dosis de aplicación prescrita de 750 l/ha el pulverizador se autoregularía para aplicar esa dosis siempre y cuando enfrente a las boquillas hubiera un árbol. En caso de ausencia de vegetación, aun estando en una zona de 750 l/ha, el caudal pulverizado sería cero puesto que no tendría sentido aplicar producto en una zona sin vegetación.

Si la Agricultura de Precisión se encuentra en la denominada Agricultura 3.0, vemos que todavía falta mucho tiempo para llegar a la Agricultura 4.0. Ello supondría el intercambio y análisis automático de miles o millones de datos (Big Data) generados por todos los subsistemas de una explotación agraria para la toma automatizada de decisiones y la gestión de un único sistema ciberfísico que aglutinara todos los elementos de esa misma explotación. Y todavía falta más para llegar a lo que parece que será la Agricultura 5.0, en donde la gestión de los datos y la actuación va a ser realizada enteramente por sistemas robotizados autónomos.

No estamos hablando de un robot agrícola que realice una función determinada, puesto que eso ya existe en la agricultura actual, sino de flotas de robots con funciones distintas que compartan sus datos y tomen decisiones de manera conjuntas y coherente para la gestión global de la explotación. ¡Esperemos que todo esto cuente, por lo menos, con la supervisión del agricultor!

Siguiendo con el ejemplo de los equipos de aplicación de productos fitosanitarios en cultivos leñosos, es importante destacar que antes de incorporar dispositivos electrónicos es imprescindible que los equipos sean ya lo más eficientes posible. En la aplicación de fitosanitarios, la eficiencia de aplicaciones la ratio entre la fracción de líquido que realmente se deposita sobre las hojas, denominada fracción útil, y la cantidad total aplicada. Una aplicación ideal, sin pérdida alguna, tendría una eficiencia de aplicación del 100 %.

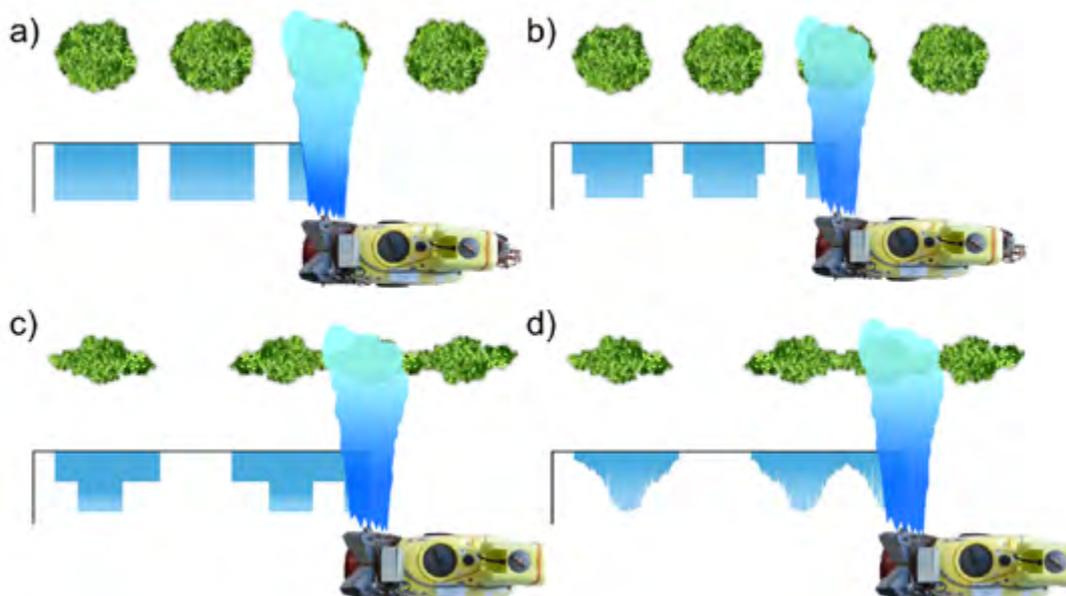


Figura 3. Pulverizador hidroneumático equipado con tecnologías de dosificación variable para la
a) Aplicación selectiva;
b) Aplicación pseudo-variable en vaso;
c) Aplicación pseudo-variable en seto;
d) Aplicación variable continua.

Figura 4.

Las copas de volumen reducido y bidimensionales del seto (izquierda) permiten una mayor eficiencia en la aplicación de productos fitosanitarios. Ensayos realizados por el GRAP en 2020 en almendro demuestran que tanto la deriva como el coste los tratamientos se redujeron significativamente.

**Figura 5.**

El cambio del volumen y de la arquitectura de copa, unido a la mejora de los equipos de pulverización ha posibilitado incrementar la eficiencia de los tratamientos fitosanitarios en más del 50 %, reduciendo a la vez su coste e impacto ambiental.

Sin embargo, esta aplicación no existe ya que la interacción entre el equipo, la planta, el sistema de formación, la meteorología y el operario, entre otros, provoca siempre un porcentaje de pérdidas que fácilmente llega al 50 %. El primer paso es conseguir la máxima adaptación entre el sistema de formación y el equipo de aplicación y viceversa (**Figura 4**).

Se trata de maximizar la exposición del objetivo frente a la pulverización y minimizar el recorrido de las gotas para aumentar la deposición y reducir las pérdidas.

El hecho de utilizar equipos más eficientes y sistemas de formación que mejoran la penetrabilidad de la pulverización conlleva la necesidad de reajustar los volúmenes de aplicación unitarios y los caudales de aire a la baja. Esto repercute directamente en ahorro de productos fitosanitarios, en una reducción importante de las pérdidas y, por lo tanto, en una mayor eficiencia y sostenibilidad en el uso de este tipo de productos (**Figura 5**).

Finalmente, la robótica parece que ha llegado para quedarse y, poco a poco, va apareciendo en el mercado soluciones que buscan reducir los riesgos de contaminación y maximizar la eficiencia. Un buen ejemplo son los pulverizadores robotizados de la marca americana GUSS (**Figura 6**). Sin embargo, de poco serviría la robótica si los equipos automatizados no son ya de partida lo más eficientes posible y si el diseño de las plantaciones y de los tratamientos no es el adecuado.

**Figura 6**

La disponibilidad de equipos de pulverización autónomos es un paso más hacia la automatización de tareas rutinarias en las explotaciones frutícolas como la protección del cultivo.

En las fotografías las dos versiones propuestas por GUSS (California-USA) para baja (6.1) y alta densidad de plantación (6.2).

Sin embargo, esto no será suficiente. Debe seguirse investigando, transfiriendo e innovando en ajustar las dosis insumos a cada cultivo y a cada sistema de formación, en desarrollar sistemas de soporte a la decisión para técnicos y agricultores, en mejorar los equipos de aplicación para que sean más eficientes y en adaptar los sistemas de formación de los cultivos leñosos para que permitan facilitar al máximo las aplicaciones de insumos y las operaciones agrícolas. La evolución de sistemas de formación en vaso a sistemas 2D son un paso interesante y una necesidad en muchos cultivos frutales. En este sentido, este tipo de arquitectura del árbol frutal posibilita un uso más eficiente de insumos e incrementar la producción por unidad de superficie.

Es decir, la “intensificación sostenible” que propone la FAO: “producir más con menos”. Además de todo esto, si realmente se quiere llegar a conseguir una agricultura verdaderamente sostenible, no debería olvidarse la formación de todo el sector en este repertorio de novedades que aparecen y evolucionan tan rápidamente. En definitiva, mejorar la eficiencia productiva reduciendo los insumos con más ciencia y tecnología transferida al sector de forma eficiente. Es el paradigma de la sostenibilidad.

Conclusiones

Las técnicas y tecnologías de la Agricultura de Precisión, y las que van a ir apareciendo, pueden realmente contribuir a mejorar la eficacia y la eficiencia en el uso y distribución de la mano de obra, fitosanitarios, fertilizantes y agua, como principales insumos agrícolas que en cultivos leñosos representan más del 70 % de los costes de producción. Tanto los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (objetivos 2, 12 y 15, www.un.org/sustainabledevelopment/es) así como el Pacto Verde europeo y su estrategia de la granja a la mesa (European Green Deal, Farm to Fork, ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es) pretenden conseguir en relativamente pocos años una agricultura sostenible y eficiente en el uso de recursos agrícolas. Una reducción en el uso de fitosanitarios del 50 % y en el uso de fertilizantes del 20 %, como pretende el Green Deal para el año 2030 no será tarea fácil si se quiere mantener la producción actual e incluso incrementarla, y menos cuando se establece como tercer objetivo que la producción ecológica en dicho período se incremente del 9 % actual al 25 %.

La mejora de la eficiencia en el uso de fertilizantes y fitosanitarios se consigue aumentando la fracción útil de los insumos aplicados, aquella que realmente será eficaz, y reduciendo las pérdidas. Las aplicaciones selectivas y variables de la Agricultura de Precisión pueden ser una forma de reducir el producto total aplicado en un campo y minimizar las pérdidas.

La digitalización como herramienta para una producción eficiente

Mario González



Gestiexplot Director Técnico



Introducción

Actualmente nos encontramos en una de las revoluciones más importantes en la historia de la humanidad, la revolución digital. Para afrontar esta revolución es imprescindible la adopción de nuevas tecnologías, y esta hoy día supone un reto para el sector primario.

Esta transición al nuevo mundo digital puede dejar a gente atrás, ya que el entorno cambiante en el que vivimos no permite la inmovilidad, solo la adaptación al cambio y la proactividad.

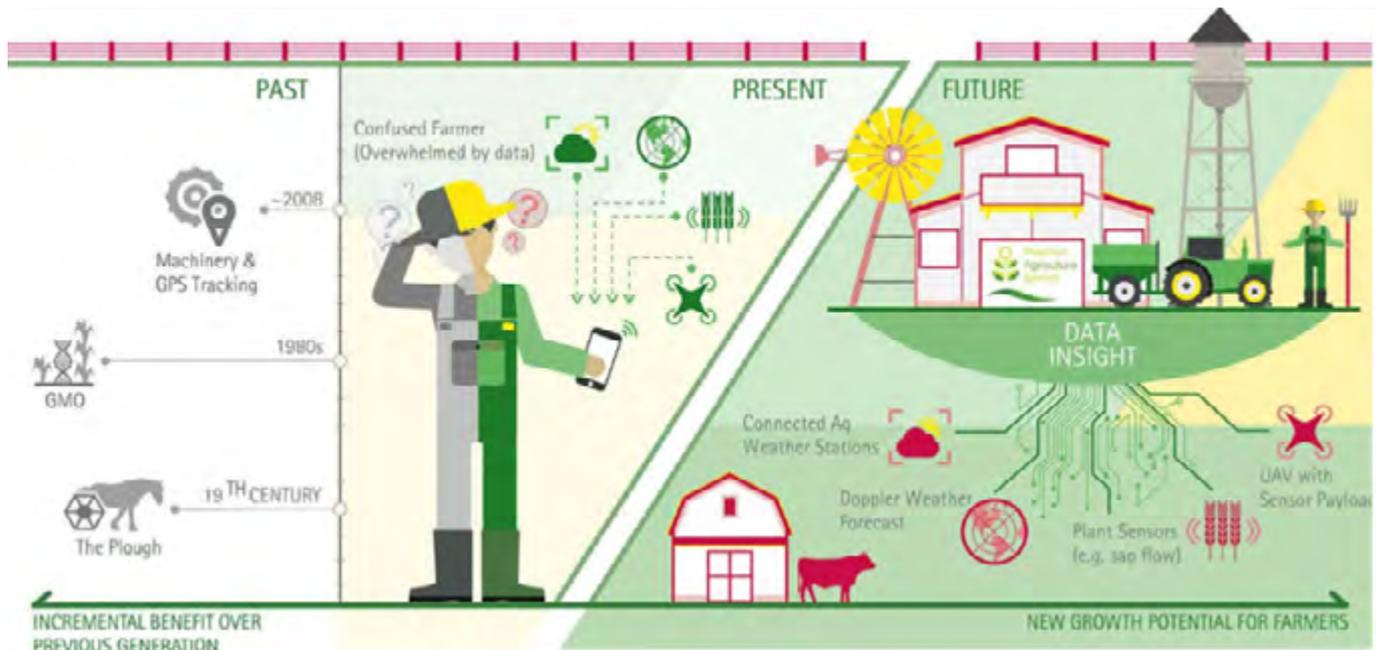
El objetivo del artículo no es alentar al miedo, sino ayudar a que todos aquellos profesionales de nuestra red agroalimentaria conozcan la importancia que tiene la digitalización en el devenir de la agricultura y a que estén capacitados para afrontar esta transición hacia un sector agroalimentario más fuerte y más digitalizado.

¿Quién es Mario González?

Graduado en ingeniería agrícola y medio rural por la universidad de Castilla la Mancha y master en agricultura digital por la ETSIA de Sevilla.

Desde su niñez ha tenido una estrecha relación con el sector Agrícola. En su corta pero intensa trayectoria ha tenido la oportunidad de pasar por diversas áreas dentro del sector como la dirección técnica de explotaciones, el asesoramiento técnico, el sector comercial de los agroquímicos y fertilizantes y la consultoría en materia de nuevas tecnologías aplicadas al regadío.

Toda esa experiencia acumulada y su inquietud le han permitido llevar a cabo y gestionar los actuales proyectos en los que está involucrado: Agromarketing online, cuya misión es democratizar el conocimiento agronómico a través de los diferentes medios digitales (ejemplo de ello es su podcast www.agricultordigital.com) y Gestiexplot donde ejerce de director técnico y presta servicios de consultoría agronómica.



Lo que yo entiendo por digitalización

En mi opinión, uno de los principales fallos que estamos cometiendo a la hora de difundir el mensaje de la digitalización entre nuestros agricultores es la falta de claridad a la hora de definir este término.

“La digitalización es el proceso de transformar procesos analógicos y objetos físicos en digitales”

¡Este tipo de definiciones no las entiendo ni yo! Para mí, “la digitalización de la agricultura se basa en el uso y aplicación de las tecnologías disponibles que nos ayudan a tomar mejores decisiones de manejo en los diferentes cultivos gracias a la información que nos proveen”.

La tecnología ha llegado para quedarse

La tecnología forma ya parte de nuestras vidas. En definitiva, hace de nuestro mundo un mundo mejor (siempre y cuando estas se utilicen bien), y además nos ha facilitado mucho las cosas, nos ha conectado con otros lugares del mundo, ha hecho más eficientes y sostenibles muchos procesos, y sobre todo ha mejorado la calidad de vida de las personas en cuanto al trabajo se refiere.

En el caso de la agricultura, ¿quién iba a imaginar la posibilidad de ir en un tractor con aire acondicionado mientras que este sigue su camino de manera autónoma aplicando exactamente la cantidad de semilla que hace falta en una parcela?

En la actualidad vivimos en un entorno muy competitivo donde prima la optimización de procesos y el aumento de la eficiencia. En el caso de la agricultura esto es IMPENSABLE de realizar sin utilizar la tecnología y es lo que muchos agricultores o personas relacionadas no están entendiendo.

«No puedes detener las olas, pero puedes aprender a surfearlas.»

La verdad nos hará libres.

Estamos en un momento donde el aprendizaje continuo sobre tecnología no es negociable. Un agricultor o técnico no puede permitirse el lujo de ignorar todo aquello que le puede ayudar a mejorar.

Y, siempre que intentamos mejorar en algo hemos de buscar referentes que nos inspiren e intentar modelar lo que están haciendo.

En nuestro caso, ¿qué están haciendo los mejores? ¿Acaso ellos dudan del papel que juegan las tecnologías en la agricultura actual?

En un momento donde la producción de alimentos se está poniendo cada vez más “difícil” necesitamos decirnos verdad acerca del estado de nuestras explotaciones.

Solo así seremos capaces de empezar a cambiar aquellos aspectos que nos permitan seguir haciendo viable esta profesión...

Que viene, que viene...

Cuando hablo de digitalización en la agricultura siempre pongo el símil del Tsunami, y es que esta es como una gran ola que viene y que nadie puede parar.

Además, los objetivos de sostenibilidad de cara al año 2050 y otras muchas imposiciones que están a la vuelta de la esquina nos van a obligar a ser más sostenibles y digitales. Entonces, si nos van a obligar, ¿por qué no empezar ya?



Válvula Lavado



IrriWatch

NAANDANJAIN

A *JAIN IRRIGATION COMPANY*



AmnonDrip



RootSence

www.naandanjain.es
+34 950 582 121



«La agricultura de precisión es el conjunto de técnicas agronómicas orientadas al manejo de cultivos y optimización del uso de insumos teniendo en cuenta la variabilidad espacial y temporal de las áreas del cultivo»

La gran oportunidad

La digitalización supone también una oportunidad para que gente de otros sectores y nuevas generaciones empiece a interesarse por lo que estamos haciendo. Y, por otro lado, es el hilo de esperanza que muchos tenemos para ver al sector en el lugar que le corresponde.

Tenemos que estar preparados, la digitalización va a suponer un cambio en la manera de trabajar de todos los actores involucrados.

Como dice el refrán, *“la ocasión es propicia, tonto el que la desperdicia”*.

¿Por qué hacer las cosas mal cuando las podemos hacer bien?

Hasta ahora muchas decisiones en el campo se han tomado “por inspiración divina”, pero...

¿Por qué aplicas este fertilizante? ¿Por qué estás haciendo este tratamiento fitosanitario? ¿Por qué riegas con esta frecuencia y duración? ¿A qué precio deberías vender para hacer rentable tu producción?

Cada una de estas preguntas debería tener una respuesta, esa respuesta te la da la información de la que dispones y, una de la principal fuente de información es la tecnología. Por ende, la tecnología es el vehículo perfecto para para actuar y mejorar.

Agricultura de sentido común. Agricultura de precisión.

Nuestro principal cliente (el consumidor), cada vez nos va a exigir que seamos mejores produciendo y, ¡está en todo su derecho!

La agricultura en la que o creo, “la agricultura de sentido común” es aquella en la que en se toman decisiones lógicas y con criterio buscando cubrir estas exigencias. Esta no se concibe sin hacer una “agricultura de más precisión”.

El simple hecho de disponer de la información básica (suelo-clima-cultivo) y realizar las prácticas de manejo adecuadas a los mismos ya es un gran avance, y nos aleja de la “agricultura de im-precisión” que en muchos casos se realiza.

En el fondo, esto se venía haciendo desde hace mucho y... parece que lo hemos olvidado.

¿Qué aportan las nuevas tecnologías a la agricultura?

El uso de tecnología en el campo es complejo, no podemos olvidarnos de que estamos “digitalizando” seres vivos en un entorno que está en constante cambio, y en el que es difícil predecir lo que va a pasar, pero eso no debería ser un impedimento.

Aumentar nuestro conocimiento científico y tecnológico permitirá mejorar las producciones, aumentar la rentabilidad de las mismas, mejorar el confort del operario y facilitar muchas de las tareas agrícolas.

La tecnología y la digitalización están para ayudar al agricultor.

La tecnología y los sistemas agro sostenibles

Cuando somos capaces de dar a cada palmo del terreno lo que necesita, y cuando se realizan las prácticas de cultivos más adecuadas a cada caso se es mucho más respetuoso con el agro ambiente.

La digitalización y el acceso a la información forman parte fundamental en el reto de crear sistemas de cultivo agro sostenibles, y también a la hora de entender como los ecosistemas naturales interactúan con nuestros cultivos y nos ayudan a conseguir nuestros objetivos de producción.

¿Qué necesita un “agricultor digital”?

La figura del empresario agrícola o agricultor está cambiando. Hoy en día no es suficiente con subirse al tractor y realizar las labores de una manera excelente, es necesario mucho más.

Esta nueva manera de hacer las cosas ha de ir acompañada de un cambio de mentalidad y de entender la agricultura... y es que en este momento prima el pensar por encima del actuar.

A un agricultor digital lo caracteriza su pasión, lo que le lleva a interesarse por lo nuevo, a aprender, a mejorar, a romperse la cabeza tratando de encontrar soluciones en su día a día, contratando y dejándose ayudar por los mejores profesionales y sobre todo apostando fuerte para asegurar el futuro de esta profesión.

Probar, equivocarnos, aprender de los errores, compartir ese aprendizaje con los demás... un ciclo que nunca acaba.

Y, ¿qué necesita la tecnología para ser adoptada por los agricultores?, ¿qué necesita el sector?

Entre muchas cosas que la tecnología necesita, el ser más accesible al agricultor o al profesional que se dedica a ayudar a este agricultor es primordial. Para ello el precio, aunque no una excusa, sí que es un factor limitante.

El objetivo número uno de cualquiera de ellas ha de ser el de ayudar al agricultor o bien en términos de ahorro de insumos, de mejora de la productividad, de aumento de la eficiencia en el trabajo y de calidad del mismo, de rentabilidad...

Tenemos que pensar en un cambio de paradigma en cuanto a la “gestión del dato”, y es que un dato como tal no vale para nada, lo que realmente vale es su interpretación y su aplicación. En esto, la figura del asesor cobra un papel fundamental.

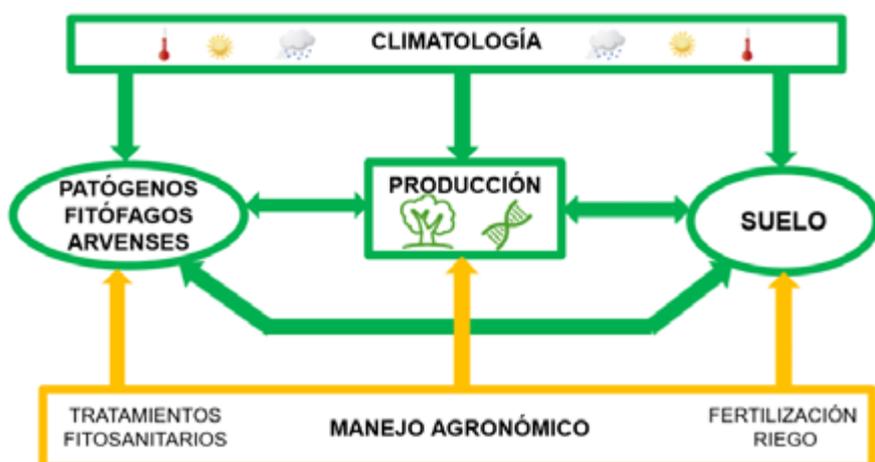
Las personas que trabajamos con agricultores tenemos que proveerles de soluciones e información que realmente le sean útiles y les permitan mejorar en el ámbito de la producción que deseen.

¿Cuánto abono aquí?, ¿cuándo y cuánto riego allá?, ¿cómo he de labrar para sacarle el máximo rendimiento a mi maquinaria y minimizar el coste del gasóleo? y si me apuras, ¿por qué?

No menos importante es el hecho de conocer cada explotación, y tenerlo en cuenta para saber lo que se adapta mejor a sus necesidades, que le puede ayudar más y, sobre todo, por dónde empezar.

El papel de las administraciones también es importante en la adopción de tecnología.

No seré yo el que crea en una agricultura basada en ayudas, pero como considero que los fondos públicos han de ir destinados a las cosas que aporten valor y nos permitan avanzar el hecho de premiar las buenas prácticas de cultivo y la implementación de tecnología puede ayudar y mucho a agilizar este proceso de profesionalización y digitalización que el sector pide a gritos.



Sigue leyendo este artículo en nuestro **Blog Olint.**



Innovación y sostenibilidad en la producción de planta de vivero y en los modelos agronómicos de frutales

Ignasi Iglesias¹
Alex San Miguel²

¹ Technical Manager. Agromillora Group

² Sustainability Director. Agromillora Group

Resumen

Se exponen los aspectos más destacables que caracterizan y afectan al sector productor de fruta, en particular los que emanan de las tecnologías de producción y de las políticas agrarias establecidas por la UE en el marco del Pacto Verde. Se incorporan referencias a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas (ODS), sin olvidar los impactos de sostenibilidad social. Se prioriza la eficiencia en el uso de los inputs como estrategia para reducir los costes de producción y alcanzar una mayor sostenibilidad ambiental contribuyendo a la lucha contra el cambio climático (ODS 13) o a la gestión responsable de los recursos hídricos (ODS 6) o la biodiversidad.

La respuesta del sector productor se concreta en el establecimiento de modelos agronómicos eficientes y sostenibles basados en la mejor combinación variedad-patrón, el sistema óptimo de conducción y la mejor tecnología de producción. En el primer caso se trata de elegir las variedades y patrones más resilientes capaces de adaptarse a las condiciones edafo-climáticas y a las exigencias de la cadena de valor y de los distribuidores. La aportación de resistencias y/o tolerancias a plagas y enfermedades es fundamental para reducir el número de tratamientos, su impacto ambiental y alcanzar la mayor sostenibilidad de los sistemas productivos. Con respecto a los sistemas de formación, las formas planas y las plantaciones intensivas permiten dar respuesta a los retos planteados como es el uso eficiente de inputs mediante la intensificación sostenible.

En cuanto a la tecnología de producción, los notables avances en mecanización, conectividad, sensorización, monitorización o robótica constituirán las herramientas clave para una gestión eficiente, racional y responsable de los inputs a lo largo de su ciclo de vida, reduciendo significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente (ODS 12).

Introducción

España es el primer productor de Europa en especies frutales, incluida la fruta dulce, los frutos secos, la viña y el olivo. La superficie ocupada por estos cultivos alcanzó los 4,97 millones de ha en el año 2019 (Tabla 1), constituyendo el sector con la mayor aportación a la Producción Final Agrícola de España con el 42%, siendo a la vez líder europeo por superficie ocupada. Ello demuestra el alto potencial edafo-climático de España para cultivos típicamente mediterráneos como son la viña, el olivo o el almendro, al margen de los cítricos y los frutales de Hueso, entre otras especies. De la superficie total, 190.414 ha corresponden a la fruta dulce, 763.717 ha a la fruta seca y el resto a los cítricos, viña y olivo. La producción media fue de 2.978.665 t de fruta dulce y 381.782 t de fruta seca, respectivamente (Tabla 1). En fruta dulce las especies más importantes son el melocotonero, el manzano y el peral, mientras que en fruta seca el almendro lidera el ranking, seguido a gran distancia por el pistachero.

En todas las especies mencionadas anteriormente la innovación tecnológica en el proceso productivo ha sido constante, acelerándose en la última década. Todo ello con el objetivo de avanzar hacia sistemas productivos más eficientes, sostenibles y respetuosos con el medio ambiente y los recursos naturales, con la prioridad en la producción alimentos de calidad y en la preservación de las rentas de los productores. Se exponen a continuación los aspectos más destacables referentes a la tecnología de producción como herramienta básica para alcanzar los objetivos expuestos.

Tabla 1.

Superficies y producciones de las principales especies de fruta dulce y de fruta seca en España en el año 2019 (Fuente: elaboración propia a partir de los datos del MAPA, AFRUCAT, EUROPECH y PROGNOFRUIT).

ESPECIE	SUPERFÍCIE 2019 HA	PRODUCCIÓN 2019 T
MANZANO	29.637	596.278
PERAL	20.623	341.315
MELOCOTONERO	77.464	1.597.629
CEREZO	27.604	113.398
ALBARICOQUERO	20.235	161.662
CIRUELO	14.851	168.383
TOTAL FRUTA DULCE	190.414	2.978.665
	SUPERFÍCIE 2019 HA	PRODUCCIÓN 2019 * T
ALMENDRO	700.156	339.482
PISTACHO	32.144	13.800
NOGAL	15.204	16.200
AVELLANO	16.213	12.300
TOTAL FRUTA SECA *	763.717	381.782
CÍTRICOS	307.025	6.138.100
VIÑA **	964.037	37.245.600
OLIVO ***	2.751.255	1.238.000
TOTAL LEÑOSOS	4.976.448	2578

* Cáscara ** HL *** T. aceite

El contexto actual: la política agraria de la Unión Europea

Los cultivos leñosos han experimentado en las últimas décadas una profunda transformación en la vertiente productiva de la mano de la innovación tecnológica, especialmente en las especies de fruta dulce por su mayor valor añadido y las mayores necesidades en mano de obra. Esta innovación ha posibilitado una adaptación permanente a los requerimientos tanto de la producción, como ambientales, de los mercados y de los consumidores. El escenario presente y futuro hay que enmarcarlo ineludiblemente en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por la Agenda 2030 relacionados con el sector agroalimentario como son: hambre cero (2), agua limpia y saneamiento (6) producción y consumo responsables (12), acción por el clima (13) y vida ecosistemas terrestres (15). También es posible

contribuir en otros ODS sociales como el 5 (Igualdad de Género), el 12 (Trabajo decente y crecimiento económico) o desarrollar alianzas (ODS 17), Innovación (ODS 9) o energías limpias y eficientes (ODS 7) Para dar la respuesta a los ODS en mayo de 2020 se publicaron los 11 objetivos del Pacto Verde (Green Deal) que es la espina dorsal del calendario de trabajo de la UE para la actual legislatura que comenzó hace año y medio. Dichos objetivos son transversales para todos los ámbitos de la economía y su objetivo es dar respuesta conjunta a los ODS y a la protección del clima y del medio ambiente. Con anterioridad en la COP-25 de Madrid (diciembre de 2019), se estableció el acuerdo para alcanzar en la UE la neutralidad de las emisiones de gases de efecto invernadero en el Horizonte 2050. De los 11 objetivos establecidos en el Pacto Verde, dos afectan directamente al sistema agroalimentario y constituyen el corazón del mismo. Sus actuaciones se

materializan en dos estrategias: “Biodiversidad” y “de la Granja a la Mesa” que se aplicarán en la nueva PAC 2023-2027. La primera tiene como objetivo la protección de la naturaleza y revertir la degradación de los ecosistemas. La segunda afecta a toda la cadena de valor de los alimentos, desde la producción sostenible hasta el consumo responsable asegurando la competitividad de la agricultura de la UE a escala global, y es la transición del Pacto Verde al sistema agroalimentario europeo. Sus acciones se centran en reducir la huella climática y ambiental de dicho sistema, el monitoreo de la seguridad alimentaria y garantizar alimentos saludables. Todo ello basado además en una producción sostenible de alimentos. Para ello dicha estrategia establece como obligatoria la reducción de pesticidas en un 50%, de fertilizantes en un 20% y aumentar la superficie dedicada a la producción ecológica en la UE del actual 9% al 25%, todo ello en el Horizonte 2030. Para avanzar

hacia una Europa verde las ayudas destinadas a actuaciones para la protección del medio ambiente y la acción climática representaran el 25% del presupuesto de la PAC aprobada en junio de 2021 para el período 2023-2027, lo que equivale a 97.500 y 11.900 millones de € para la UE y España, respectivamente. En la nueva PAC, la nueva condicionalidad reforzada, en sustitución del pago verde, los eco-esquemas del primer pilar; las medidas acerca del clima y del medio ambiente del segundo pilar y la definición de los planes estratégicos nacionales, serán instrumentos básicos para la modulación y el reparto de las ayudas comunitarias.

Las nuevas políticas agrarias establecidas por la UE tienen por objetivo lograr una mayor contribución del sector agroalimentario a la lucha por el cambio climático y a la protección del medio ambiente. De hecho, este sector es responsable del 16% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Todas las actuaciones previstas en las dos estrategias mencionadas son necesarias para hacer frente a la emergencia climática (Berners-Lee, 2019; WMO, 2021) y para una transición a una agricultura (Chapman, 2020). En el caso de los frutales, la traducción a los procesos productivos se concreta en la implementación de modelos agronómicos basados en una mayor eficiencia en el uso de los inputs (mano de obra, fertilizantes, pesticidas, agua, energía, etc.) y que a su vez representan más del 60% del coste de producción. La mayor eficiencia en el uso de los inputs se traduce en una reducción de los mismos y por lo tanto de los costes de producción reportando mejores rentas para los productores. Pero además se traduce en una mayor sostenibilidad ambiental al reducir la huella de carbono y potenciar el uso eficiente y racional de recursos, y finalmente en una mayor resiliencia de los sistemas productivos. De hecho, diferentes empresas del sector hortofrutícola aportan información completa sobre el impacto ambiental de su producción ofreciendo determinadas frutas y hortalizas con el logo 100% “carbon neutral” o “0 carbono”, o con huella de carbono negativa.

El desarrollo de dichos modelos se inició a mediados del siglo XX siendo el manzano la especie de referencia. En cultivos como el olivo el desarrollo del seto tuvo sus inicios hace más de 25 años en el Valle del Ebro y en la actualidad cuenta con 500.000 ha. La mayoría de especies frutales están siguiendo la senda de la intensificación como estrategia para lograr una mayor eficiencia en el uso de los inputs. Es lo que la FAO denomina intensificación sostenible (Willet et al., 2019). Es decir, utilizar la intensificación como vía para la sostenibilidad; al final es hacer más con menos recursos. Esta es la respuesta del sector productor de fruta para alcanzar los objetivos establecidos por Pacto Verde de la UE (Iglesias, 2021a).

Las bases de los modelos agronómicos eficientes se exponen a continuación. Tienen como punto de partida la producción de planta de calidad, la mejor combinación patrón-variedad para establecer modelos agronómicos innovadores y eficientes para el uso de inputs mediante las nuevas tecnologías disponibles. Es lo que desde Agromillora se denomina SES o Soluciones Eficientes y Sostenibles para la producción en cultivos leñosos, expuesto a continuación.

Los modelos productivos en frutales: desde la producción de planta a la producción sostenible

La producción de fruta, ya sea dulce o seca, cítricos, vino o aceite, se basa en tres pilares fundamentales. El primero es el material vegetal, incluyendo patrones y variedades. A partir de una combinación específica variedad/patrón, se elige la forma de conducción o el sistema de formación más adecuado, como segundo pilar. El tercero lo constituye la tecnología de producción (Figura 1). Esta incluye a los productores y la tecnología aplicada (riego, abonado, tratamientos, recolección, etc.), encaminada a un uso eficiente los inputs y basada cada vez más en nuevas tecnologías (Iglesias, 2021b). Estos tres pilares combinados de forma eficiente constituyen los modelos agronómicos productivos para las diferentes especies frutales. Actualmente son considerados como las claves para el uso eficiente de los inputs en el proceso productivo, para la sostenibilidad ambiental y económica (rentas de los productores) y para la adaptación a las demandas de los consumidores y de la cadena de valor de la fruta (Iglesias, 2021b). Agromillora ha liderado el desarrollo de estos modelos con el inicio hace más de 25 años de la propuesta para el olivo en seto, una innovación disruptiva en aquella época y que cuenta actualmente con 500.00 ha repartidas por el mundo. Se trata de un modelo agronómico en que la alta densidad de plantación está ligada a la mayor sostenibilidad de la producción (Camposeo,

2020). Los avances de la mejora genética en particular de los patrones, han permitido mejorar su eficiencia productiva y un mejor control del vigor, claves para la eficiencia de los modelos en alta densidad propuestos para las principales especies frutales.

El material vegetal: patrones y variedades

1.1 La producción de planta de vivero

La producción frutícola tiene como punto de partida la planta de calidad tanto genética como sanitaria, que constituye la base de modelos agronómicos eficientes. La producción de planta de vivero ha experimentado avances sin precedentes en las últimas décadas al incorporar nuevas tecnologías para el control de la sanidad y de la autenticidad varietal (test Elisa, PCR, marcadores moleculares, etc.) como punto de partida de la calidad. Ello se ha combinado con la aplicación a escala viverística de nuevas tecnologías de micropropagación o de multiplicación “in vitro” de diferentes especies frutales, en particular los portainjertos para diferentes especies del género *Prunus*, pistacho, manzano, peral o frutos rojos.

La innovación tecnológica ha supuesto un cambio importante en la tecnología de producción utilizada por el sector viverístico aunque muy variable entre empresas según su tamaño y tecnología de producción. Así, la forma tradicional de producción a partir de semilla y el posterior injerto ha variado poco en los últimos años, al igual que los patrones multiplicados por corte y recalce. La mayor innovación ha sido la propagación “in vitro” o micropropagación como tecnología desarrollada en las tres últimas décadas. Ésta se dedica fundamentalmente a la producción de patrones y combinada con el microinjerto constituye la base para la producción de planta. También se aplica en almendro, avellano y otras especies para la producción de planta autoenraizada. En este ámbito, Agromillora es la empresa líder a nivel mundial con la venta anual de más de 75 millones de plantas en sus 10 filiales, la mayoría micropropagadas pertenecientes al género *Prunus* y al manzano.

Este tipo de propagación requiere de instalaciones costosas para el mantenimiento de las plantas madre, los laboratorios de micropropagación y los invernaderos de aclimatación y producción.



Figura 2.

El Pacto Mundial de Naciones Unidas, se basa basada en los 10 Principios Universales, para contribuir a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

La producción de planta micropropagada aporta ventajas destacables con respecto a la producción tradicional en campo. La primera es el control del estado sanitario del material de partida y durante la producción, por estar ubicadas en condiciones ambientales controladas que dificulta el acceso de vectores transmisores, de plagas y enfermedades, incluido el sistema radicular con sustratos que garantizan la exención de enfermedades. La segunda es la uniformidad de la planta por proceder de propagación clonal, donde todas las plantas están en idénticas condiciones ambientales y de suelo. La tercera es la desestacionalización de la producción, por estar la planta en invernadero y ser suministrada en contenedores de distinto formato.

Otro factor a destacar ligado a la micropropagación y a la producción de planta microinjertada es la implementación de sistemas que permiten seguir la trazabilidad de los patrones y del material de injerto para cada planta, por ejemplo, con código QR, y detectar cualquier posible error en el proceso de producción. Y la última y no menos importante, es en el apartado social y hace referencia a la calidad del trabajo de los operarios en las operaciones de injerto y posterior manejo de la planta hasta su expedición al realizarse el injerto en salas con óptimas condiciones de trabajo.

Posteriormente, el movimiento de planta y las operaciones a realizar como despuntes, tratamientos, etc., pueden automatizarse en su mayor parte. Este hecho constituye una ventaja importante en un momento en que encontrar operarios para este tipo de operaciones en campo es difícil, pero mucho más fácil en espacios resguardados de la intemperie.

En definitiva, este sistema de propagación utilizado en numerosos países se muestra como el más eficiente para producir una planta de calidad garantizada en lo referida a la autenticidad varietal y al estado sanitario, a la vez que garantiza unas óptimas condiciones laborales a los trabajadores, dando así respuesta a la moderna producción de planta.

La sostenibilidad de los sistemas de producción de planta de vivero en el sistema tradicional se basa en mejorar la eficiencia de las operaciones de campo (plantación, fertilización, tratamientos, uso de tutores, arranque, etc.) y de procesamiento de la planta (selección y calibrado), almacenamiento y transporte hasta el destinatario.

En el caso de la planta micropropagada la eficiencia hay que buscarla en todo el proceso de producción, desde la planta madre del material a micropropagar, como el material de las yemas de injerto, pasando por los laboratorios de micropropagación, invernaderos de aclimatación y de crecimiento de la planta, sustratos utilizados, tratamientos fitosanitarios, fertilización, clasificación, envasado, expedición y transporte. También la parte de micropropagación puede mejorarse sustancialmente con el uso de biorreactores. En definitiva, son numerosas las opciones aplicables en el proceso de producción de planta para garantizar su calidad, sostenibilidad, reducir costes de producción y ofrecer un precio competitivo.

Agromillora está implementando la estrategia de sostenibilidad con el horizonte 2030 cubriendo 4 aspectos fundamentales:

- » Medio Ambiente
- » Compromiso Social
- » Productos y Cadena de Valor
- » Buen Gobierno

El foco ambiental se centra en la gestión de la huella de carbono, el uso responsable del agua, y la biodiversidad y genética, pero también en el desarrollo de iniciativas de economía circular, eficiencia energética, y el consumo responsable.



Figura 3.

Los tres pilares en los que se basa la producción eficiente y sostenible de fruta: las nuevas variedades y patrones, los sistemas de formación/arquitectura de copa y la tecnología de producción.

Iniciativas como el uso de contenedores reutilizables o reciclables, o biodegradables como el “paper pot” constituyen un avance destacable para la progresiva reducción o el uso responsable de plásticos. Cuestiones como el formato de la planta, el material de los alveolos, el tipo de embalaje para el transporte y la posibilidad de reciclaje sin duda tienen también un impacto importante

El compromiso social para con nuestros trabajadores en cuanto a las condiciones laborales, prevención, seguridad y salud, desarrollo profesional o igualdad y diversidad son una prioridad en nuestra estrategia de sostenibilidad, así como impactar de manera positiva en la sociedad y las comunidades donde estamos presentes.

Respecto a productos y cadena de valor, la seguridad y salud de nuestros clientes y consumidores, basada en la sanidad de nuestros productos, la innovación, la compra responsable y un detallado análisis de los impactos de nuestros productos a lo largo de todo su ciclo de vida son elementos clave de nuestra estrategia. Y también es fundamental una gestión responsable a nivel corporativo, con elementos como nuestro código ético y de conducta, la transparencia en la comunicación y el reporte, la gestión y evaluación de riesgos corporativos y la

propiedad intelectual o el desarrollo de alianzas para la sostenibilidad con otros actores del ecosistema agrícola.

Agromillora se ha adherido al Pacto Mundial de Naciones Unidas, la mayor iniciativa de sostenibilidad del mundo basada en los 10 Principios Universales, comprometiéndose a contribuir a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que se exponen en la **Figura 1**. Este concepto abarca desde el material vegetal de partida, la producción de la planta de vivero y el desarrollo de modelos agronómicos basados en la eficiencia en el uso de recursos y en la sostenibilidad ambiental y social (**Figura 2**).

1.2 El patrón y la variedad

La disponibilidad de planta de vivero de alta calidad con la autenticidad de la variedad y del portainjerto, así como su óptimo estado sanitario constituye el punto de partida y la base para una producción frutícola eficiente (**Figura 3**).

El patrón

El patrón juega un lugar destacado, dado que determina el vigor del árbol, la eficiencia productiva y las características del fruto conferidas a la variedad (color, calibre, **Brix**, etc.). El control del vigor es clave para establecer la arquitectura de la copa del árbol y en particular su volumen y forma que al fin determina aspectos tan importantes como son la eficiencia en el uso de los inputs o la accesibilidad a la copa de máquinas y personas; además de su adaptación a las condiciones edafo-climáticas concretas de la zona de producción. La evolución de la fruticultura desde mediados del siglo XX, aunque muestra notables diferencias entre especies, se ha caracterizado por la reducción progresiva del volumen de copa y el tránsito hacia copas bidimensionales, más accesibles a la mano de obra y las máquinas para así reducir los costes de producción, en particular el coste de la mano de obra. Este proceso ha ido asociado unívocamente a la utilización progresiva de patrones enanizantes o semienanizantes que ha conducido a la intensificación progresiva de las plantaciones, que a pesar de una mayor inversión inicial posibilitan una entrada en producción más rápida y eficiente. Además, árboles de pequeño volumen aportan una mayor eficiencia productiva debido a la genética del patrón y a que disponen de menor madera estructural, con frutos insertados más cerca del canal

de savia con una mejor disponibilidad de fotoasimilados. La disminución del volumen unido a las formas planas de copa se traduce en la reducción de zonas de sombreo, en la mejor exposición de los frutos a la luz y una calidad más uniforme.

La disponibilidad de patrones para el control del vigor es variable entre especies frutales, tal y como se ilustra en la **Figura 4**. Ha sido sin duda el manzano con el patrón M9 la especie de referencia en lo que a intensificación de plantaciones se refiere. En melocotonero, los patrones vigorosos (GF-677, Garnem, et.) asociados al sistema de formación en vaso de mayor o menor volumen siguen siendo los más utilizados, aunque al igual que en albaricoquero o ciruelo se dispone de diferentes opciones para plantaciones más intensivas en eje o doble, la mayoría híbridos interespecíficos (Iglesias et al., 2020). Destacar los diferentes patrones de la serie Rootpac (Rootpac-20, Rootpac-40 y Rootpac-R), selecciones de ciruelo (Adesoto, Montizo, Tetra, Penta, etc.) y otros híbridos interespecíficos (Isthara) (Iglesias y Torrents, 2020). Además de la reducción de vigor, patrones como el Roopac-40 aportan un anticipo de la fecha de recolección y una mejora del calibre del fruto. Si ello se combina con formas planas y mecanización permiten la reducción del coste de producción entre 8 y 10 cts/kg (Iglesias, 2019b).

La variedad

La variedad constituye sin duda la piedra angular en fruticultura, pues al final se traduce en innovación en los lineales e innovación de producto para el consumidor en aspectos tan importantes como la calidad gustativa, la comodidad de consumo, la diversidad de tamaños, colores y formas, la diversidad de fechas de recolección y aspectos nutraceúticos y de salud. Esta innovación es la responsable por tanto añadir valor en destino y a los productores, la base de la cadena. Pero además de la innovación para el consumidor, un aspecto clave para la rentabilidad de las explotaciones es la innovación para el productor en aspectos tan importantes como eficiencia productiva, calidad de fruto, regularidad de las producciones, adaptabilidad a las condiciones climáticas o tolerancia a plagas y enfermedades. Cuantos más de estos atributos aporte la variedad mejor será la eficiencia productiva, menores los costes de producción y más alta la rentabilidad para el productor. Y los menores costes se deben a una mejor eficiencia en el uso de inputs conducente a una mayor sostenibilidad ambiental.

Al progreso que ha aportado la mejora genética tradicional se ha unido en las últimas décadas el avance de la ingeniería genética y de las nuevas técnicas de edición génica como CRISPR/Cas9 (Watson et al., 2018). El progreso experimentado y los avances previstos en el Horizonte 2040 se exponen en un artículo de este especial OLINT nº 38. En el **Figura 5** se expone a modo de ejemplo un resumen de la innovación varietal en diferentes especies. Como común denominador, citar como objetivos de la mejora la presentación visual de los frutos, en particular color y calibre; las características organolépticas, como textura, jugosidad, o dulzor; la tolerancia a enfermedades como el moteado, oidio o monilia, entre otras; la ampliación de los calendarios de maduración; menores requerimientos en horas frío; adaptabilidad a diversas condiciones climáticas y buen comportamiento en postcosecha.

1.3 El sistema de conducción

La evolución de la conducción en especies de fruta dulce, fruta seca, olivos o cítricos evidencia una clara tendencia hacia la disminución del volumen de copa y a la utilización de copas bidimensionales, con situaciones diferentes entre especies y según sea su aptitud a la mecanización. Los menores volúmenes de copa a partir de árboles más pequeños han llevado a una progresiva intensificación, es decir, a un mayor número de plantas por unidad de superficie. La combinación específica patrón/variedad elegida en base a los condicionantes edafoclimáticos y del mercado, condicionará el sistema de formación a desarrollar. Este se traducirá además de una entrada en producción más o menos rápida, en un volumen y forma de copa específicos con consecuencias importantes en el manejo futuro de la plantación. En particular, determinará el grado de accesibilidad a la copa de la mano de obra, las máquinas y los pesticidas, su eficiencia y consecuentemente el coste de producción. En frutales, la mano de obra representa entre el 40 y el 65% de dicho coste, seguido por la protección del cultivo, fertilización y mantenimiento del suelo.

Reducir el volumen de la copa y mejorar la accesibilidad a la misma, además de disponer de sistemas de formación de fácil manejo, se imponen ante el encarecimiento constante del coste de la mano de obra, su cada vez menor disponibilidad, y de otros inputs.

El vaso, con patrones vigorosos con sus diferentes modalidades fue el sistema de referencia a mediados del siglo XX en todas las especies frutícolas (**Figura 4**). Progresivamente se desarrollaron sistemas planos como la palmeta, con mayores requerimientos de mano de obra para su formación. El desarrollo posterior de los patrones enanizantes en manzano y peral, dio paso al eje central con sus diversas modalidades como el “solaxe”, el “tal-spindle” o el “super spindle”. Actualmente son el eje o bieje con menores marcos de plantación los más utilizados (**Figura 6**). En especies de hueso (melocotonero, cerezo, albaricoquero, ciruelo), el sistema de conducción más común es el vaso con sus diversas variantes, como el vaso de verano de pequeño volumen, basado en patrones semi-vigorosos o vigorosos y el uso generalizado de paclobutrazol, aunque de disponibilidad incierta en el futuro. Ello obliga a plantear sistemas de formación planos con patrones de menor vigor, como en manzano (Iglesias 2019a), peral (Musacchi et al., 2021), cerezo o ciruelo (Iglesias et al, 2021c).

La evolución de los últimos años indica en todas las especies una clara tendencia hacia copas bidimensionales a partir de árboles de pequeño volumen y menores marcos de plantación, tal como se ilustra en la **Figura 4**. Cada árbol debe ocupar un menor espacio al aumentar la densidad de plantación, no siendo preciso disponer de ramas secundarias y terciarias, que se reemplazan por un mayor número de ejes y árboles de pequeño volumen unitario. Ello facilita y abarata la formación del árbol a la vez que requiere de mano de obra menos cualificada, al tratarse de labores de fácil ejecución. En estos tipos de formación y cuanto menor sea la distancia entre los ejes verticales, los frutos se sitúan muy cerca de los canales de savia principal, están bien iluminados, resultando la calidad uniforme. Además, cuantos más ejes por unidad de superficie, más bidimensional es la copa y mejor es la accesibilidad para su poda, aclareo o recolección. En la última década y siguiendo este razonamiento se está desarrollado en diferentes países



Digitalización Inteligente de la Red Agroalimentaria Global

**Precosecha
(Cloud y APPs)**



Más de 3 décadas de experiencia desarrollando software para la Agricultura nos han convertido en líderes mundiales en tecnología Agro.

**Postcosecha
Analítica avanzada
y Big Data**



Desde la Semilla al Consumidor todos nuestros productos te ayudan en la Gestión y Control en tiempo real de tu negocio Agroalimentario.

**Optimización y
monitorización
logística**



Más de 500 clientes en 5 continentes confían en nosotros.

Y mucho más....

¿Hablamos?

**Hispace.com
950 28 11 82**

 **hispace**
agointeligencia



	MUY ALTO	ALTO	ALTO-MEDIO	MEDIO	MEDIO-BAJO	BAJO
MANZANO	Franco, M-25	M-4, M-793, MM-111	M-7, MM-106, G-257, G-969	M-26, G-41, G-213	M-9, EMLA o NAKB, G-11	M-27, B-9, G-65
PERAL	Kirschensaler, BP-3, OHF-93	OHF-87, BP-1, Fox-9	BA-29 Pyrodwarf	M-A	M-H	M-C
MELOCOTONERO	GF-677 Garnen	Montclar, GF-305 Cadaman	Rootpac-R Tetra, Penta	Adesoto-101 Rootpac-40 Isthara	MP-29, Roopac 20	
CEREZO	F-12/1, Colt Santa Lucia (SL-64)	Adara, Maxma-14 Gisela 12, PI-KU 1	Gisela-6 Weirroot-158	Gisela 5 Clinton	Gisela-3, Lake Cass, Crawford	Clare Demil
ALBARICOQUERO	Franco albaricoquero	Mirobolan 29C	Montclar, GF-305 AP-65	Adesoto-101 Isthara		
CIRUELO EUROPEO	Marianna 2624	Mirobolan 29C	Rootpac-R Tetra, Penta	Isthara Adesoto-101	Rootpac-20	
CIRUELO JAPONÉS	Marianna GF 8/1	Adara		Miral 3278-AD		
ALMENDRO	GF-677 Garnen	Garrigues Nemaguard	Rootpac-R	Adesoto IRTA-1 Isthara	Rootpac-20	

Figura 4. Portainjertos disponibles en diferentes especies frutales ordenados en función del vigor conferido a la variedad injertada.

(Nueva Zelanda, Italia, Brasil, España, etc..) el multieje de uno o dos brazos con ejes distanciados 20-30 cm y en los que cada brazo es portador de 5-7 ejes, con opción peatonal o de 3-3,5 m de altura (Figura 4). Experiencias similares se están desarrollando en cerezo (UFO o Upright Fruiting Offshoots), melocotonero y ciruelo (Iglesias, 2019a; 2021b).

La intensificación de las plantaciones unido a un mayor número de ejes por ha y a formas de copa más dimensionales (Figura 4), posibilita el uso más eficiente de máquinas para la poda, el aclareo y recolección y a la vez mejorar la eficiencia de los tratamientos fitosanitarios. Todo ello permite una reducción significativa de los costes de recolección. Una opción cada vez más interesante para el futuro es reducir la altura de la plantación, disminuyendo a la vez la distancia entre líneas en alrededor de 2,5 a 3 m. Ello permite realizar todas las operaciones desde el suelo sin la necesidad de plataformas para la poda, aclareo o recolección, en definitiva, plantaciones peatonales.

1.4 La tecnología de producción

Una vez definida la óptima combinación patrón variedad y asociado un sistema de formación específico, se procede a la plantación para obtener tras un breve periodo improductivo la plena producción por un período variable entre especies y determinado en gran parte por la innovación varietal, muy alta en melocotonero o casi inexistente en peral. Los componentes de la tecnología de producción que conforman la mayor parte de los costes son:

- » Poda de invierno y poda en verde.
- » Aclareo de flores o frutos.
- » Protección del cultivo.
- » Mantenimiento del suelo.
- » Riego y fertilización.
- » Recolección.

La **poda** tanto de verano como de invierno supone entre el 8 y el 14% del coste de producción en frutales. La poda de invierno suele realizarse de forma manual en la mayoría de especies, mientras que la poda en verde se realiza habitualmente de forma mecánica, complementada con la manual. En el primer caso se dispone ya de los primeros prototipos para realizar esta operación de forma robotizada. El **aclareo** de flores o frutos se realiza químicamente en manzano, complementada por un repaso manual. Cada vez es más común con la generalización de las formas planas el aclareo mecánico de flores, con un interés especial en producción ecológica. En especies de hueso y formación en vaso, el aclareo de flores y frutos se realiza de forma manual, aunque cada vez es más común y práctica habitual realizar el aclareo mecánico con maquinaria específica como son los cepillos manuales neumáticos o eléctricos (Saflovers, Electroflor, etc.). También pueden utilizarse el Ericius o Eclairvale, para el clareo de flores y frutos en sistemas de formación 3D como el vaso. Sin embargo, su eficiencia mejora en formas planas o bidimensionales como son el eje el doble eje o el triple eje y la plameta.

En estas formas, la mayor eficiencia se consigue con el Darwin o Fuet por una su mejor accesibilidad al interior de la copa, al igual que ocurre con el aclareo manual.

De dichas operaciones la que es totalmente dependiente de la mano de obra es la **recolección**, hasta poder realizar en un futuro próximo la recolección robotizada. Esta precisará obligatoriamente de forma planas para un trabajo eficiente. La mano de obra para la recolección supone el mayor coste de producción en especies de fruta dulce, pudiendo alcanzar hasta el 53% en cerezo o el 22% en melocotonero. Su rendimiento y eficiencia se mejora significativamente hasta poder duplicarse con el uso formas peatonales planas en las que además del fácil acceso desde el suelo tienen los frutos más accesibles. Cuando las plantaciones peatonales no son posibles, la utilización de máquinas automotrices permite acceder a las partes altas de la plantación, aunque ello suponga un coste añadido, pero con la ventaja de que se utilizan también para la poda, el aclareo y la recolección.

Y en el mismo apartado mencionar la importancia de disponer de aforos de cosecha para la planificación de la mano de obra a utilizar y para la programación de ventas a los clientes. Se dispone ya a escala comercial de cámaras multispectrales acopladas al tractor que permiten realizar de forma eficiente los aforos en diferentes fechas, aprovechando por ejemplo la realización de los tratamientos fitosanitarios. Además, permiten obtener los mapas de producción de cada parcela y relacionar su variabilidad con diferentes tipos de suelo o el manejo del riego y la fertilización. Su eficiencia en los aforos se basa también en la visibilidad de los frutos por las cámaras de visión y aumenta cuanto más bidimensional es la copa.

La **protección del cultivo** más el mantenimiento del suelo, herbicidas, fertilizantes, correctores, suponen el 25% del coste total de producción. De este porcentaje, el 65% es atribuible a pesticidas, fungicidas y su aplicación, es decir a la protección del cultivo. El tránsito de formas de mayor volumen a copas más pequeñas y bidimensionales, unido a la gran mejora de los equipos de pulverización, ha posibilitado la reducción de la deriva hasta en un 60% cuando la aplicación es side-by-side. Esta reducción supone un ahorro para el productor, además de un notable beneficio medioambiental, requerido por las futuras políticas agrarias de la UE en el marco del Green Deal. El avance de los últimos años de las estrategias de producción integrada unido al desarrollo de estaciones climáticas automáticas permite la monitorización de las condiciones ambientales y el desarrollo de modelos predictivos de enfermedades como el moteado o el mildiu. Ello constituye una gran ayuda para la decisión del momento óptimo de aplicación, lo que unido a la mejora de los pulverizadores, supone una mejora significativa en la eficiencia del uso de pesticidas, un importante coste de producción.

Los **fertilizantes**, correctores, junto al agua de riego representan en frutales alrededor del 10% del coste de producción. El desarrollo en la última década de equipos con sensores para la medición del contenido de agua del suelo y del estado hídrico de la planta ha posibilitado, además de automatización y monitorización del riego, una notable mejora de la eficiencia del agua y de los fertilizantes, cada vez más ajustados a las necesidades nutritivas reales de la planta. Ello unido a formulaciones cada vez más eficientes desde el punto de vista de absorción y contenido de nutrientes, a la generalización de la fertirrigación y al progresivo proceso de intensificación basada en árboles más pequeños y eficientes productivamente ha posibilitado la reducción por ejemplo de N de entre un 40-60% respecto a los años 70-80 del siglo pasado. La teledetección de alta resolución permite disponer de mapas NVDI de cada parcela y realizar una monitorización para el seguimiento del estado hídrico del cultivo. Ello permite corregir posibles anomalías debidas a averías del sistema de fertirrigación. En otros casos rediseñar correctamente los sectores de riego en función de las características edafológicas de cada parcela.

En ambos casos, riego y fertilización, está ampliamente demostrado que la eficiencia del agua y los fertilizantes está estrechamente ligada a copas de menor volumen y consecuentemente con menor leño estructural. En parte porqué el transporte de agua nutrientes y fotoasimilados se realiza a más corta distancia y se evita el gasto energético de la planta en mantener la actividad metabólica de la estructura de soporte, minimizada en sistemas intensivos. Adicionalmente la distribución de la luz a hojas y frutos se mejora sustancialmente y en consecuencia la calidad del fruto.

Figura 5.

Ejemplos de innovación varietal/precio, ecológico, local y "convenience" en lineales de supermercados. Las cinco fotos superiores en Denver y Dallas (USA), las tres inferiores en Lleida (España), 2021.



El futuro: buscando la adaptación a los nuevos retos

En las últimas de décadas las plantaciones intensivas con copas bidimensionales de reducido volumen, formadas en eje central o en doble eje, con el uso de patrones enanizantes, son la práctica habitual en muchas especies frutales (Iglesias 2019a,b; Iglesias et al., 2000).

Realizando un análisis global de lo que ha aportado la innovación tecnológica de las últimas décadas, el manzano es un claro ejemplo de como se ha avanzado de forma decidida hacia la eficiencia y la sostenibilidad de los sistemas productivos. A esta especie le han seguido otras como el peral, el cerezo, el melocotonero o el almendro. Así se ha combinado eficientemente los avances de la mejora genética en patrones y variedades con los de la tecnología de producción (poda, aclareo, protección del cultivo, riego, abonado, etc.). Se han desarrollado sistemas de formación basados en plantaciones más intensivas y copas bidimensionales y se han aplicado los importantes avances en riego, fertilización, protección del cultivo y mantenimiento del suelo.

La evolución hacia dichos sistemas tuvo lugar a partir de los años 1950 con la generalización del uso del patrón enanizante M9 y sustitución de patrones más vigorosos como el M7, el MM111 o el franco. El transito desde las plantaciones tradicionales en vaso de la década de los años 1950 a las actuales plantaciones intensivas en eje central ha posibilitado aumentar la productividad hasta en 3 veces y a la vez reducir a la mitad el uso de inputs. Es decir, más producción con menor consumo de inputs por unidad de superficie, incluida la mano de obra.

Dicho de otra forma, producir en 1 ha lo que antes se producía con 3 ha, pero reduciendo los inputs en más de la mitad, de aquí el concepto de “intensificación sostenible” propuesto por la FAO (Willet et al., 2019).

El desarrollo de sistemas de formación que permitan el uso eficiente de inputs en las plantaciones frutales es una constante que se viene desarrollando en otros sectores como la viña o la horticultura. El concepto es común para todas las especies: plantas de menor volumen con mayor número por unidad de superficie y poder realizar las diferentes técnicas de cultivo, como la poda a los tratamientos, por encima de las copas de los árboles. Es lo que en fruticultura se denomina “Over Tree Row” que permite avanzar en el concepto de fruticultura de precisión o Fruticultura 4.0 (Figura 5), basada en la conectividad, con labores cada vez más precisas basadas en copas pequeñas y bidimensionales, tomando como referencia los modelos desarrollados en los cultivos hortícolas (véase primer artículo del presente número de A. Escola - GRAP).

Y esta será la hoja de ruta del futuro a la cual deberán adaptarse los diferentes modelos agronómicos propuestos en las especies frutícolas.

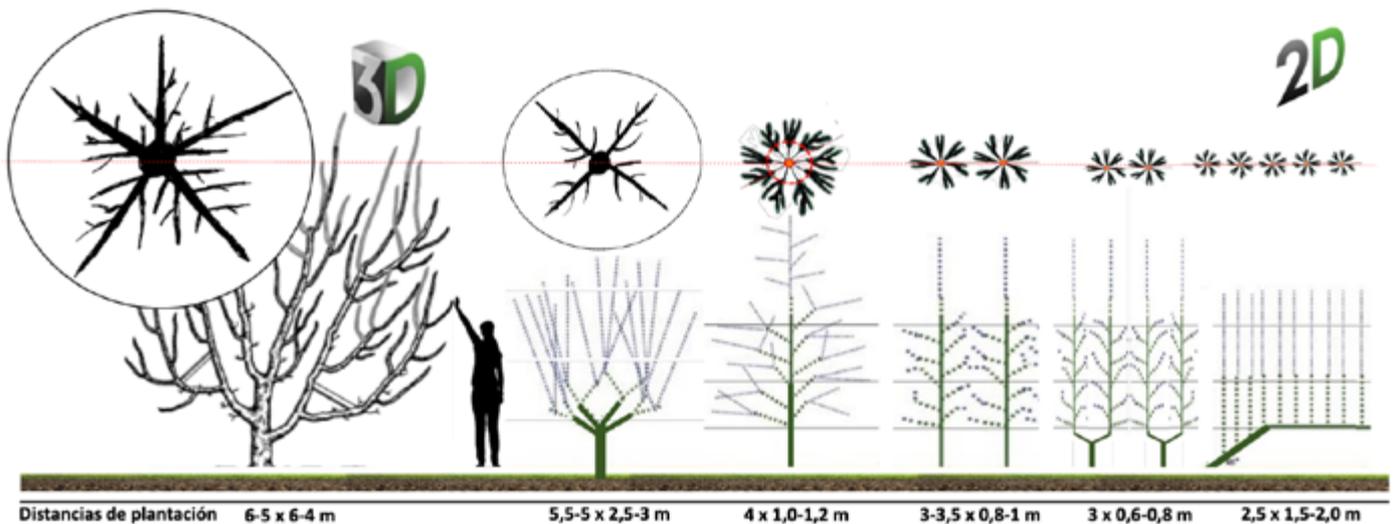


Figura 6. Evolución de los sistemas de formación en las últimas décadas en especies tales, desde las formas en volumen o 3D a las planas o 2D como el eje, bieje y multileader. En la parte superior, proyección horizontal de la copa. En la inferior, marcos de plantación asociados.

Conclusiones

Se han expuesto los aspectos más relevantes referidos a la situación del sector frutícola y a la innovación tecnológica basada en los tres pilares de la innovación: la mejora genética, los sistemas de conducción y la tecnología de producción. Combinadas de forma eficiente permiten dar respuesta a los condicionantes de sostenibilidad ambiental y social, y a la demanda de los consumidores, añadiendo valor al producto. El desarrollo de plantaciones intensivas, asociadas a copas bidimensionales como requisito indispensable para reducir el período improductivo, mejorar la accesibilidad y la eficiencia del uso de inputs como la mano de obra, la maquinaria y los productos fitosanitarios por su mejor accesibilidad. La mejora continuada de la tecnología de producción, mediante la mecanización, automatización, conectividad y robótica en último término, la digitalización para facilitar la gestión de plagas y enfermedades, la monitorización del riego y abonado serán claves para una gestión y un uso eficiente de inputs. Todo ello conducente a la sostenibilidad ambiental y a la mayor resiliencia de los sistemas productivos frutícolas.

Bajo esta perspectiva solamente la intensificación basada en el uso de formas planas puede conducir a una fruticultura de precisión y eficiente. En definitiva, el tránsito hacia la intensificación sostenible definida por la FAO. Esta es la respuesta al Pacto Verde y a las estrategias de la Granja a la Mesa y de la Biodiversidad propuestas por la Unión Europea en el marco de la nueva PAC 2023-2027 para dar respuesta a los ODS de la Agenda 2030 y la Acción por el clima. Es el futuro y a la vez el reto para una fruticultura eficiente y sostenible. Sostenibilidad basada en el conocimiento y en la innovación; necesaria tanto ambientalmente, como socialmente y para las rentas de los productores. Y obtener unas rentas justas, aunque se trata de una tarea ardua, deberá constituir la prioridad de las políticas agrarias para la continuidad del sector productor que preserva el territorio, genera empleo y produce alimentos saludables de alta calidad.

Referencias

1. Berners-Lee M (2019). *There is no Planet B: A handbook for the Make or Break Years*, Cambridge University Press.
2. Camposeo, S. (2020). ¿Altísima densidad o altísima sostenibilidad? *Revista de Fruticultura*, 74, 46–55.
3. Iglesias I (2019a). Sistemas de plantación 2D: una novedad en almendro, una realidad en frutales. *Revista de Fruticultura*, 67, 22-44.
4. Iglesias I (2019b). Costes de producción, sistemas de formación y mecanización en frutales, con especial referencia al melocotonero. *Revista de Fruticultura* 69, 50-59.
5. Iglesias I, Torrents, J (2020). Millora Genètica de portaempelts de presseguer: la visió des d'una empresa viverística. In: Dossier Tènic DARP num. 103: "Novetats en portamepelts de presseguer".
6. Iglesias I, Torrents J, Moreno MA, Ortíz M (2020). Actualización de los portainjertos utilizados en cerezo, duraznero y ciruelo. *Revista Frutícola* 42(2), 8-18.
7. Iglesias, I (2021a). La intensificación sostenible como respuesta al Pacto Verde de la Unión Europea: retos y ejemplos en la producción agrícola y el consumo alimentario. *Revista de Fruticultura* 79, 45-57.
8. Iglesias I (2021b). Retos para una agricultura eficiente y sostenible. *Vida Rural*, 500, 82-90.
9. Iglesias I, Torrents, J, Zuñiga, M, Marzo C, Giori, M (2021c). Nuevos modelos agronómicos para una producción eficiente de ciruelo japonés y americano. *Revista de Fruticultura, Especial Albaricoquero*, 70-99.
10. Musacchi S, Neri D, Iglesias I (2021). Sustainable Training Systems for European Pear (*Pyrus communis* L.): A Review. *Agronomy*. In Press.
11. Watson et al. (2018). Speed breeding is a powerful tool to accelerate crop research and breeding *Nature Plants* 4:27-29.
12. Willet et al. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet Comissions*. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)
13. World Meteorological Organization (2021). *State of the Global Climate 2020*. Num. 1264, 1-52.



El progreso de la mejora genética en frutales: ¿Cómo serán las variedades y patrones en el Horizonte 2040?

Iban Eduardo¹, Pere Arús¹, Ramón Dolcet-Sanjuan²,
María José Rubio-Cabetas³⁻⁴, María Ángeles Moreno⁵
e Ignasi Iglesias⁶

¹IRTA-CRAG Bellatera, ²IRTA-Fruitcentre, ³Unidad de Hortofruticultura. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), ⁴Instituto Agroalimentario de Aragón – IA2 (CITA-Universidad de Zaragoza), ⁵CSIC-Estación Experimental de Aula Dei, ⁶Agromillora Group.

Según datos de 2019, las especies de fruta dulce y de frutos secos ocupaban en España 194.414 ha y 763.717 ha, respectivamente, con una superficie total de 958.131 hectáreas.

Introducción

Su aportación a la Producción Final Agraria fue del 18% (exceptuando vino, mosto y aceite de oliva), posicionándose muy cerca de las hortalizas con el 19%. Su producción ha experimentado cambios sustanciales en las últimas décadas en la tecnología de producción. Esto ha requerido una adaptación constante a los requerimientos tanto de la producción, como ambientales, de la distribución y de los consumidores. En la Unión Europea el escenario presente y futuro hay que enmarcarlo de forma unívoca en la adaptación a los requisitos de sostenibilidad ambiental impuestos en el marco del 'Green Deal' y de las estrategias 'de la granja a la mesa' y de la 'biodiversidad' que se aplicarán en la nueva PAC 2023-2027 (Iglesias, 2021a).

Entre otros objetivos establecidos, se encuentra la neutralidad de las emisiones de gases de efecto invernadero en el 'Horizonte 2050' y en una reducción del 55% en el 'Horizonte 2030'. Sin embargo, además de las consideraciones de sostenibilidad ambiental hay que tener en cuenta las exigencias de los consumidores en aspectos como la funcionalidad, la comodidad de consumo, la proximidad o la calidad gustativa. Y por supuesto, sin olvidar la sostenibilidad de las rentas de los productores, sin la cual no hay futuro para el sector productor.

La producción de fruta, ya sea dulce o de frutos secos, se basa en tres pilares fundamentales. El primero lo constituye el material vegetal, incluyendo patrones y variedades. El segundo la elección del sistema de conducción más adecuado para las condiciones edafo-climáticas y para cada combinación específica variedad/patrón. El tercer pilar lo constituye la tecnología de producción que incluye a los viveristas multiplicadores para la producción de planta de calidad, a los productores y a la tecnología de producción (riego, abonado, tratamientos, recolección, etc.).

Esta tecnología en su conjunto deberá estar encaminada a un uso eficiente de los inputs en el proceso productivo lo que supone un menor coste de producción y una mayor sostenibilidad ambiental y de las rentas de los productores. La innovación tecnológica se basa fundamentalmente en los avances en la mecanización, la sensórica o la monitorización, amén en un futuro de la robótica (Iglesias, 2021a). Son numerosas las referencias disponibles, tanto en fruta dulce como en frutos secos, que indican que aunando el progreso de la mejora genética en patrones y variedades con la innovación en la tecnología de producción son claves para el tránsito hacia la eficiencia en el uso de inputs y la intensificación sostenible (Iglesias, 2020; Iglesias et al., 2021a y b; Willet et al., 2019).

La disponibilidad de planta (patrones y variedades) de alta calidad genética y sanitaria, unido a su óptima adaptación a las diferentes zonas de cultivo, constituye el punto de partida para una innovación eficiente en fruticultura. Las mejores variedades posibilitarán una producción cada vez más sostenible ambientalmente mediante la incorporación de resistencias a plagas y enfermedades y también mejor adaptadas a las exigencias de los consumidores, y al cambio climático. En patrones, la mayor sostenibilidad vendrá por su mejor adaptación a las condiciones edáficas, con pH básico o ácido, salinidad, sequía o encharcamiento, eficiencia en el uso del agua, capacidad de control del vigor y volumen del árbol, alta eficiencia productiva e incorporación de resistencias a enfermedades y plagas (replantación, enfermedades del suelo, nematodos, pulgón lanígero, etc.).

En el presente artículo, se describen los aspectos más destacables referentes a la aportación de la mejora genética de patrones y variedades en especies frutales con la mirada puesta al 'Horizonte 2040'.

Los retos de la innovación en material vegetal

La mejora genética de frutales ha aportado soluciones a algunos de los retos planteados, como por ejemplo las nuevas variedades de manzano adaptadas a climas cálidos, las nuevas variedades autocompatibles de albaricoquero, almendro y cerezo, o las variedades de almendro de floración tardía. Pero a pesar de estos avances muchos son los retos que quedan por delante y a los que las nuevas variedades del año 2040 deberían hacer frente. Entre ellos, podríamos destacar (i) la sostenibilidad, que incluiría la adaptación a un abanico cada vez más reducido de productos fitosanitarios, fertilizantes inorgánicos y a las tecnologías de cultivo coherentes con la conservación de suelo, (ii) la adaptación al cambio climático, que incluiría la adaptación a nuevos escenarios de temperatura y pluviometría, y que implicará el aumento de la rusticidad y resiliencia en patrones y variedades, (iii) la resistencia/tolerancia frente a las plagas y enfermedades emergentes en dichos escenarios, (iv) la adaptación a las nuevas tecnologías, que incluye tanto las nuevas tecnologías de mecanización, y que suelen llevar cambios en cuanto a la arquitectura del árbol, como las nuevas estrategias de mejora basadas en marcadores moleculares. Y todo ello sin perder nunca de vista (v) la buena calidad del fruto, que implica mantener o aumentar la calidad sensorial, la presentación y la vida postcosecha, así como el desarrollo de nuevas tipologías de fruto que permitan aumentar el consumo.

Al control del vigor, a la izquierda franco de peral comparado con MA, se añade la mejor eficiencia productiva de los patrones enanizantes como el M9 en manzano (derecha con la variedad Pink Lady).

Traducción de los retos en caracteres a integrar en las nuevas variedades y patrones de las diferentes especies

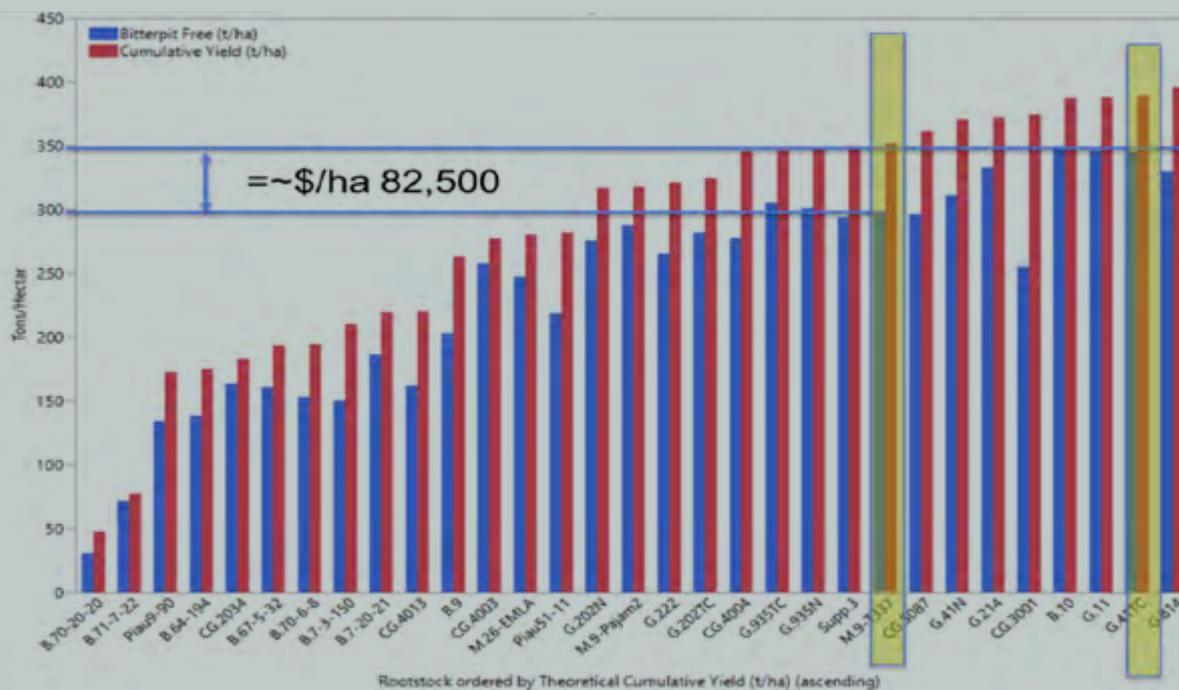
Si intentamos concretar a nivel de especie, para el manzano podríamos destacar la relocalización del cultivo de variedades actuales con falta de coloración y el desarrollo de otras nuevas con alta calidad y adaptadas a climas cálidos, la resistencia al moteado, al *Penicillium* spp. y al fuego bacteriano, y nuevas tipologías con pulpa roja. En peral, también podríamos destacar la resistencia al moteado y fuego bacteriano, así como los cruzamientos interespecíficos entre variedades europeas y asiáticas para integrar las mejores características de ambas especies. En melocotonero, se deberían incorporar e integrar resistencias a varias enfermedades como la moniliosis, la sharka, la podredumbre negra (*Xanthomonas*) o el oídio, mejorar la vida del fruto en postcosecha y desarrollar nuevas tipologías de pulpa roja o piel verde en variedades de manzana tipo 'Granny Smith'. En albaricoquero, podríamos incluir avances en la resistencia a sharka, disminución de la acidez en las nuevas variedades y en la introducción de variedades autocompatibles. En cerezo y en ciruelo, la ampliación de la época de maduración y la disminución de los requerimientos de frío, así como la introducción de nuevas variedades autocompatibles. En cerezo, además deberíamos añadir la resistencia al rajado de frutos y a moniliosis. En almendro, se están estudiando los caracteres asociados a la calidad de fruto y la resistencia a enfermedades fúngicas de gran incidencia en nuevas áreas de expansión, así como el porte y arquitectura de los árboles para los nuevos sistemas de cultivo (Montesinos et al., 2021).

Retos actuales en portainjertos

Adaptación a factores abióticos agravados por el cambio climático:

tolerancia a sequía o asfixia radicular en suelos con problemas de encharcamiento, suelos básicos o ácidos, y tolerancia a las temperaturas más altas en la época de producción, así como a la falta de reposo invernal en alguno de los componentes de la combinación patrón-variedad. Por otro lado, la obtención de patrones tolerantes a enfermedades de suelo, que controlen el vigor y que posean un uso eficiente del agua. Así, se han establecido las bases moleculares de la tolerancia a la asfixia radicular en ciruelos mirobolanes (Amador et al., 2012; Rubio-Cabetas et al., 2018) y ala clorosis por deficiencia de hierro en mirobolanes e híbridos almendro x melocotonero (Gonzalo et al., 2011; 2012). Los estudios en sequía han sido los más numerosos (Bielsa et al., 2019, 2018b, 2018a, 2016) demostrando que los híbridos almendro x melocotonero y los ciruelos mirobolanes tienen dos respuestas a la sequía diferentes habiendo identificado un biomarcador (Bielsa et al., 2021).





Además de la tolerancia a la replantación, al fuego bacteriano y al pulgón lanífero, la mayor eficiencia productiva del portainjerto G-41 (micropropagado) de la serie "Geneva" se traduce en un incremento de la rentabilidad para el productor con respecto al M9-337T. En la figura, comparación de patrones injertados con la variedad de manzana 'Honey Crisp' en Cornell (USA) en su octavo año de producción. Fuente: Robinson (2018, Com. Personal).

De entre los híbridos G×N, 'Monegro' destaca por un uso más eficiente del agua (Bielsa et al., 2018a). Otros estudios de sequía con híbridos del género *Prunus* spp. con distinta base genética (GF 677, Cadaman, ROOTPAC 20 y ROOTPAC® R), demuestran que GF 677 y ROOTPAC® R poseen un uso más eficiente del agua (Jiménez et al., 2013). En particular, se encontró una acumulación de azúcares osmoprotectores y de prolina en el patrón GF 677 como mecanismo de adaptación a la sequía. En la misma línea, se están estudiando los mecanismos moleculares que regulan la arquitectura del almendro, la influencia del portainjerto y la interacción entre éste y la variedad a la hora de desarrollar un porte o unas ramificaciones determinadas y así, seleccionar patrones y variedades con distintos tamaños, portes y arquitecturas de copa, que puedan satisfacer las necesidades de los nuevos sistemas de cultivo en marcos más intensivos. Todo ello hará posible el desarrollo de marcadores genéticos útiles en la selección asistida para estos caracteres de interés si a la vez se estandarizaran los métodos de fenotipado.

Tolerancia a factores bióticos:

incorporación de resistencias a plagas y enfermedades, tanto a las actuales como a las emergentes. Entre ellas, cabría destacar la incorporación de resistencia/

tolerancia a fuego bacteriano, fitóftora o armillaria en portainjertos de manzano y peral, con fácil propagación clonal. En este caso, se puede mencionar la selección de los nuevos portainjertos de manzano en Geneva (USA), que incorporan resistencia al pulgón lanífero, fuego bacteriano y problemas de replantación (Robinson, 2020; Reig et al., 2018a). La solución a los nematodos agalladores se ha dado con los ciruelos mirobolán (*P. cerasifera*) diploides, como 'Adara' (Moreno et al., 1995a), los ciruelos hexaploides de crecimiento lento (*P. insititia* y *P. domestica*) como 'Adesoto' (Moreno et al., 1995b), 'Penta' y 'Tetra' (Nicotra et al.,), así como con los híbridos de hoja roja de la serie 'Garfi' x 'Nemared' (G×N): 'Garnem', 'Felinem' y 'Monegro' (Felipe, 2009). Aportan la resistencia a nematodos, además de otros caracteres de interés como el tamaño de la planta, vigor, productividad y la facilidad de propagación. Su éxito radica principalmente en transmitir un buen vigor, su resistencia (o inmunidad en el caso de algunos ciruelos) a nematodos del género *Meloidogyne* (Pinochet et al., 1999), su adaptación a suelos calcáreos y buena tolerancia a clorosis, además de un buen comportamiento en replantación. Posteriormente, se han desarrollado nuevos portainjertos del género *Prunus* con base genética de almendro, ciruelo y melocotonero,

tolerantes a la asfixia de raíces en suelos pesados, a nematodos agalladores y a la caliza activa en suelos calizos con pH elevado y algunos de ellos además con un eficiente control del vigor (Iglesias et al., 2020; Reig et al., 2018b; Font i Forcada et al., 2020). La identificación de los genes asociados a la resistencia de nematodos agalladores en almendro facilitará los trabajos de selección y la introducción de este carácter resistente en las nuevas selecciones (Duval et al., 2014).

Control del vigor del árbol, alta eficiencia productiva y buena calidad de fruto en los nuevos portainjertos híbridos de peral, con base genética de *Pyrus communis*, *Pyrus amygdaliformis* y *Pyrus elaeagrifolia*, y derivados de cruces interespecíficos entre especies adaptadas a suelos calizos y condiciones de sequía, y fácil propagación clonal (Simard, 2009; Claveria et al., 2012; Musachi et al., 2021). En manzano, son numerosos los trabajos de selección de patrones que permiten controlar el vigor y además mejorar la eficiencia productiva del M9, destacando por su impacto presente y futuro en el sector productor la serie "Geneva" de Estados Unidos. En melocotonero, hay que citar diferentes selecciones de ciruelos (Adesoto 101) e híbridos interespecíficos como los de la serie RootPAC que aportan un control eficiente del vigor además de una buena eficiencia productiva (Font

(A) Ramificación de un ideotipo de almendro y (B) arquitectura de una variedad con mayor vigor en ‘Garnem’ (izquierda) o menor vigor en ‘GN-8’ (derecha).



Portainjertos disponibles en diferentes especies de fruta dulce ordenados en función del vigor conferido a la variedad injertada.
Fuente: Iglesias (2021a).



	MUY ALTO	ALTO	ALTO-MEDIO	MEDIO	MEDIO-BAJO	BAJO
MANZANO	Franco, M-25	M-4, M-793, MM-111	M-7, MM-106, G-257, G-969	M-26, G-41, G-213	M-9, EMLA o NAKB, G-11	M-27, B-9, G-65
PERAL	Kirschensaler, BP-3, OHF-93	OHF-87, BP-1, Fox-9	BA-29 Pyrodwarf	M-A	M-H	M-C
MELOCOTONERO	GF-677 Garnem	Montclar, GF-305 Cadaman	Rootpac-R Tetra, Penta	Adesoto-101 Rootpac-40 Isthara	MP-29, Roopac 20	
CEREZO	F-12/1, Colt Santa Lucia (SL-64)	Adara, Maxma-14 Gisela 12, PI-KU 1	Gisela-6 Weiroof-158	Gisela 5 Clinton	Gisela-3, Lake Cass, Crawford	Clare Demil
ALBARICOQUERO	Franco albaricoquero	Mirobolan 29C	Montclar, GF-305 AP-65	Adesoto-101 Isthara		
CIRUELO EUROPEO CIRUELO JAPONÉS	Marianna 2624 Marianna GF 8/1	Mirobolan 29C Adara	Rootpac-R Tetra, Penta	Isthara Adesoto-101 Miral 3278-AD	Rootpac-20	
ALMENDRO	GF-677 Garnem	Garrigues Nemaguard	Rootpac-R	Adesoto IRTA-1 Isthara	Rootpac-20	

i Forcada et al., 2020; Reig et al., 2020; Iglesias et al., 2018, 2000). Actualmente, se está ensayando otro híbrido almendro x melocotonero (‘GN-8’) resistente a nematodos y de la misma serie que los citados anteriormente, con una considerable reducción del vigor. En la misma línea, se están estudiando los mecanismos moleculares que regulan la arquitectura del almendro, la influencia del portainjerto y la interacción entre éste y la variedad a la hora de desarrollar un porte o unas ramificaciones determinadas y así, seleccionar patrones y variedades con distintos tamaños y portes que puedan satisfacer las necesidades de los nuevos sistemas de cultivo en marcos más estrechos (Montesinos et al., 2021).

Obtención de nuevos portainjertos híbridos de *Prunus*, con polivalencia para diferentes especies frutales de hueso, con gradación de niveles de vigor, que garanticen un buen calibre y otros parámetros de calidad del fruto, estabilidad de la producción, reducción de costes de producción y de fácil propagación clonal (Bielsa et al., 2021, Iglesias, 2019; Iglesias y Torrents, 2020; Iglesias et al., 2020; Mestre et al., 2020; Reig et al., 2018b; 2018c; 2019; Font i Forcada et al., 2019; 2020).

Retos y nuevos métodos de mejora genética de variedades y patrones

La mejora genética convencional de especies frutales está limitada por dos caracteres esenciales de los árboles: el gran tamaño de las plantas y los largos períodos intergeneracionales (desde la polinización hasta la evaluación de la descendencia pasan entre 2 o 6 años según la especie). Esto supone un elevado coste debido a la ocupación de mucho espacio durante un largo periodo de tiempo. Para muchas especies, en 20 años se pueden hacer dos o tres generaciones efectivas, lo que es claramente insuficiente. Por lo tanto, es imprescindible reducir el tiempo entre generaciones y entre polinización y selección y, al mismo tiempo, llevar al campo únicamente aquellas plantas que tengan



PROYECTOS DE RIEGO LLAVE EN MANO

Solicita presupuesto: www.ritec.es/presupuesto



FABRICANTES • INSTALADORES • SOPORTE TÉCNICO 24/7

35 años de experiencia.

Especialistas en fertirriego.

Diseño agronómico.

Proyectos en más de 60 países.

Solicita presupuesto: www.ritec.es/presupuesto



APP MÓVIL
EQUIPO DE FERTIRIEGO
NUTRITEC



una alta probabilidad de ser seleccionadas. La primera parte es una cuestión de manejo en campo e invernadero, y la segunda, de selección precoz basada en el ADN y desarrollo de sistemas para una rápida propagación clonal.

La mejora basada en la **información genética** puede lograrse por dos vías: la primera consiste en seleccionar con marcadores de ADN todos aquellos caracteres para los que esto sea posible en estado de plántula. Este tipo de selección es practicada rutinariamente por cada vez más programas de mejora de frutales, pero por ahora se limita a algunos caracteres de herencia mendeliana simple. Se trata de integrar también los de herencia más compleja, ya que muchos de los caracteres de interés agronómico son cuantitativos. Esto supone desarrollar e implementar aproximaciones de selección genómica basada en el conocimiento de la asociación entre un elevado número de marcadores y los diferentes fenotipos de interés, y en la creación de complejos modelos estadísticos (Guajardo et al., 2020) y recoger sistemáticamente toda la información fenotípica (Bielsa et al., 2021; Mignard et al., 2021). Esto significará trabajar con muchos marcadores al mismo tiempo para predecir el comportamiento de cada plántula basándonos en el modelo estadístico creado con la información del conjunto de marcadores y fenotipos utilizados. Para implementar la selección genómica se debería obtener un número de plántulas muy superior al actual, por lo que las técnicas de polinización o de rescate de embriones mediante cultivo 'in vitro' deberán también ser mejoradas para lograr más semillas y plantas viables con menos esfuerzo. En resumen, se deberían obtener más plántulas en las que se deberá analizar un número elevado de marcadores (decenas o centenares) mientras todavía están en el invernadero. Esto permitiría pasar a campo un número limitado de plantas que deberían ser fenotipadas en detalle y usando para ello tecnologías de fenotipado de última generación siempre que sea posible (Lobato-Gómez et al., 2021a).

Esta aproximación, que sigue la norma de que el genotipo es el mejor fenotipo posible en esta primera fase, se complementa con el acortamiento del período intergeneracional gracias al crecimiento forzado de las plantas usando técnicas de cultivo in vitro, cámaras de cultivo o invernaderos, minimizando el período de germinación, juvenilidad, injerto, etc. Se trata de maximizar el número de generaciones por unidad de tiempo y, por tanto, la ganancia de selección (Watson et al., 2018).

Otro factor importante a tener en cuenta es que muchos de los genes que nos interesan vendrán de otras especies o de genotipos exóticos con muchas características indeseables. La integración en el genoma de estos genes se ha hecho raramente en frutales (p. ej. genes de resistencia al moteado en manzano) porque requiere un proceso larguísimo, ya que no se trata solamente de introducir el gen deseado, sino de

recuperar el resto del genoma de los materiales elite descartándose así las características no deseadas. Esto ya es posible gracias a aproximaciones como la introgresión asistida por marcadores (Serra et al., 2016) que permite integrar un fragmento de ADN con un gen de interés dentro del pool genético comercial en dos generaciones de retrocruzamiento. Además, la creación de colecciones de líneas con muy pocos fragmentos cromosómicos procedentes de materiales silvestres o exóticos en el fondo genético elite de algunos frutales, permitirá rescatar para la mejora nueva diversidad procedente de especies lejanas y altamente variables.

Algunas de las variedades antiguas o modernas, actualmente en cultivo, tienen enormes cualidades y son apreciadas por los consumidores, pero se convierten en obsoletas a causa de las mejoras introducidas en variedades más modernas, o de la necesidad de determinados caracteres en las variedades futuras (específicamente los que confieran mayor adaptación al cambio climático y los requerimientos de sostenibilidad y agricultura verde). Integrar en estos genotipos excepcionales otros genes que puedan mejorarlos manteniendo sus propiedades varietales básicas se considera inviable por métodos convencionales, en particular porque la reconstrucción de los genomas heterocigotos en generaciones segregantes aparece como un puzzle de imposible resolución. Métodos, como la "resíntesis", basados en la selección con marcadores que cubran bien el genoma (Eduardo et al., 2020) permiten encontrar parejas de líneas altamente homocigotas que cruzadas resultan en individuos parecidos a la variedad original, pero con algunos cambios relevantes (p. ej. época de maduración). Además, una vez obtenidas, las dos líneas parentales pueden ser mejoradas con relativa facilidad integrando genes de interés de otros orígenes, lo que permite una constante puesta al día de la variedad.

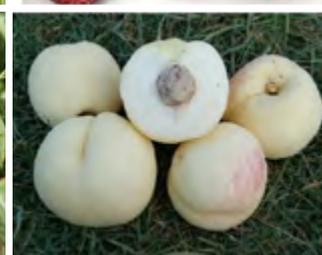
Las aplicaciones anteriores requieren la integración rutinaria de la toma de muestras (habitualmente de hoja) y extracción de ADN, además del estudio de un número variable de marcadores en muchos individuos, en períodos relativamente cortos de tiempo (días o semanas) y a precios bajos. Esto es posible, particularmente con el uso de determinadas plataformas de SNPs

Ejemplo de intensificación de las plantaciones en manzano (Wenatchee, Washington-USA) gracias a la mejora genética de los patrones utilizados, desde el franco al fondo con un marco de 6 x 7 m, derecha e izquierda M7 a 4 x 2 m y M9 en primer plano a 3,2 x 0,8 m



(marcadores de un solo nucleótido). Para ello la empresa tiene que disponer de una infraestructura interna que pueda cubrir estas necesidades o acceder a un servicio externo que proporcione eficientemente esta información. El pequeño tamaño de muchas empresas de mejora de frutales hace más viable la segunda opción que la primera, abriendo una oportunidad de mercado para servicios ya existentes o nuevos que puedan ofrecer a los mejoradores lo que necesitan, idealmente con un conocimiento suficiente del sector que permita extraer el máximo rendimiento de estas poderosas herramientas. Al mismo tiempo, la concepción de la mejora debe evolucionar hacia una planificación con objetivos muy precisos con respecto a las características deseadas en una nueva variedad, con la integración de herramientas de predicción para seleccionar parentales y descendencias, con la utilización de descendencias más numerosas y con una visión de los objetivos deseados más a largo plazo que impliquen varias generaciones de mejora.

La segunda vía hacia la obtención de nuevas variedades es la **edición génica**, es decir la modificación controlada de secuencias específicas de genes de función conocida que puedan producir efectos de interés en una variedad existente. Esta metodología, difiere de las plantas transgénicas en que las variedades cultivadas no contienen ADN externo. El nuevo fenotipo se consigue a base de modificar, a veces mínimamente, la secuencia de ADN de un gen en el lugar del genoma donde este gen se encuentra. El proceso de edición suele requerir la creación de plantas transgénicas, pero los genes transferidos se depuran previamente de la variedad final editada. La aplicación de esta técnica en frutales puede significar la remodelación de variedades ya existentes con la inclusión de características nuevas que aumenten su valor. Todo ello en un período corto de tiempo, inferior incluso al que supondría la resíntesis mencionada anteriormente. Existen algunos ejemplos conocidos de variedades de frutales obtenidos por transformación genética, como la ciruela europea resistente a sharka o las manzanas Artic® en las que el fruto no se oxida. Sin embargo, la edición génica en frutales está todavía en su infancia, aunque exista ya una pequeña lista de caracteres modificados genéticamente mediante esta tecnología (Lobato-Gómez et al., 2021b).



- » **Kisabelle**
- » **Rockit**
- » **Q-Tee**
- » **FAV1-24**
- » **Perla-3501**
- » **Ice Peach**
- » **Cristalina**
- » **Lucia Myrtea**

Ejemplos de innovación varietal en diferentes especies frutales. Los avances en la creación de variabilidad unido a las nuevas técnicas de edición génica, acelerarán como nunca hasta ahora el proceso de mejora genérica de variedades y patrones.

La combinación de los mejores patrones y variedades, unido a la arquitectura bidimensional de la copa y la tecnología de producción caracterizaran la fruticultura en el Horizonte 2040 integrando eficientemente la monitorización, digitalización, mecanización y robótica para el uso eficiente de los inputs. A la izquierda tratamiento multilínea en viña (Over Tree Row), a la derecha recolección robotizada en manzana.

Siendo la edición génica una tecnología con un potencial enorme, su aplicación puede estar comprometida a corto-medio plazo por varias razones. Los aspectos regulatorios son todavía un factor limitante en Europa, ya que las plantas editadas tienen igual consideración que las transgénicas y la posibilidad de que este marco legal cambie, a qué plazo y en qué sentido es de muy difícil predicción. Sin embargo, estas limitaciones regulatorias se han reducido o desaparecido en un creciente número de países del resto del mundo, lo que debe ser tenido en cuenta por las empresas que se dirigen a un mercado global. Hay otros elementos de tipo comercial, como ¿va a tener la misma aceptación por el consumidor una variedad procedente de edición génica que otra convencional?. Es posible que esta aceptación sea más fácil en especies de gran cultivo que suelen formar parte de alimentos procesados, pero quizás en frutales y hortalizas, que se consumen en fresco, o en otros productos como el vino existan mayores reticencias. En otro orden de cosas, hay aspectos de tipo más técnico, uno de los cuales es si el problema que se pretende resolver depende de la modificación de un gen o un pequeño número de genes.

Muchas veces la solución no se conoce y obliga a un período de experimentación previa que puede ser largo, con costes y riesgos evidentes. Otra cuestión es si la variedad de interés es fácilmente editable. En muchas especies de frutales, solamente algunos genotipos son tratables para esta tecnología mientras que, en otras, como en casi todos los frutales de hueso, la especie es recalcitrante al uso de tecnologías *in vitro*. En cualquier caso, la edición génica va a ser una metodología de uso creciente en los programas de mejora, que tendrán que integrarla de una manera u otra dentro de su plan de investigación y desarrollo.

Las variedades o portainjertos seleccionados a partir de programas de mejora, basados en el cruzamiento de parentales con caracteres de interés, que incorporan ahora o en un futuro las técnicas de selección asistida por marcadores, siguiendo estrategias de resíntesis o de edición génica, necesitan ser propagados clonalmente, con garantías sanitarias y de estabilidad varietal. Las empresas de propagación *in vitro* de portainjertos y variedades han incorporado el microinjerto y el crecimiento en invernadero o vivero en su sistema productivo de plantas listas para su plantación en campos de todo el mundo. Los costes de producción de dichas plantas son, en gran parte, debidos a la mano de obra especializada requerida para la correcta manipulación de los brotes en condiciones asépticas. La reducción de dichos costes en las empresas propagadoras pasa por el diseño de sistemas de cultivo *in vitro* que permitan reducir los tiempos de manipulación de las plántulas y su automatización (Dolcet-Sanjuan y Mendoza 2020).

Objetivos para los que se pueden utilizar las principales estrategias de mejora basadas en marcadores moleculares y la edición génica y esquema de cada una de ellas.



Las empresas tanto de mejora de frutales como las viverísticas, propagadoras o multiplicadoras del material vegetal, tienen una gran oportunidad para abordar los retos del futuro en la innovación de variedades y patrones, de forma que esta innovación se traslade de forma eficiente al sector productor. Ello requerirá un período importante de cambios para conseguir adaptarse a unos retos tecnológicos sin precedentes, que requerirán una inversión importante en conocimiento e infraestructura. Estos retos, supondrán también nuevas oportunidades, que ya han sido o están siendo realizadas por los mejoradores de cultivos herbáceos (cultivos extensivos y hortícolas), por lo que existen modelos donde inspirarse en el caso de los frutales. En este caso, el pequeño tamaño de muchas de las empresas de mejora y propagadoras de frutales supone una singularidad adicional, que necesitará aproximaciones innovadoras y posiblemente implicará una importante remodelación del sector.

Conclusiones

La mejora genética de patrones y variedades ha experimentado un importante avance en los últimos años, aunque diferencial entre especies y con un mayor avance en variedades. Los retos de futuro son múltiples y pasan por una producción sostenible ambientalmente para los productores y por una adaptación a los requerimientos de los circuitos comerciales y de los consumidores. La consecución de estos retos se basa fundamentalmente en la innovación en material vegetal y en la tecnología de producción.

Con respecto a la innovación en variedades y portainjertos, el camino recorrido en las últimas décadas ha sido muy destacable, pero deberá acelerarse ante los retos urgentes del futuro como son la adaptación al cambio climático y a una fruticultura de precisión ó 4.0, conducente al uso eficiente de los inputs mediante una intensificación sostenible. El hecho de tratarse de numerosas especies frutales, de muchas variedades y patrones, con superficies reducidas en comparación con los cultivos extensivos (cereales, hortícolas, etc.), disminuye el impacto de la innovación en cada especie por la dispersión de los recursos en la obtención de nuevas variedades y patrones.

Los importantes avances experimentados en las herramientas de creación de variabilidad y de selección de descendencias, como la edición genética, abren un camino prometedor al permitir reducir el período entre generaciones y posibilitar una selección más eficiente. Y en el Horizonte 2040, sin lugar a dudas, el camino recorrido habrá sido espectacular y difícil de predecir al albor de los enormes avances de la ciencia al servicio de la mejora genética y de la innovación. Combinado este avance con el de las nuevas tecnologías de producción como la mecanización, la sensorica, la monitorización o la robótica, no es difícil imaginar cómo serán las plantaciones del futuro y los frutos que consumiremos. Una historia apasionante para dar respuesta a los retos de la alimentación en nuestro planeta para el siglo XXI.

Referencias

- Amador ML, Sancho S, Bielsa B, Gomez-Aparisi J, Rubio-Cabetas MJ (2012) Physiological and biochemical parameters controlling waterlogging stress tolerance in *Prunus* before and after drainage. *Physiol. Plant.* 144, 357–68. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2012.01568.x>
- Bielsa, B., Bassett, C., Glenn, D.M., Rubio-Cabetas, MJ (2018a) Assessing field *Prunus* genotypes for drought responsive potential by carbon isotope discrimination and promoter analysis. *Agronomy* 8, 42. <https://doi.org/10.3390/agronomy8040042>
- Bielsa B, Hewitt S, Reyes-chin-wo S, Dhingra A, Rubio-Cabetas MJ (2018b) Identification of water use efficiency related genes in ‘Garnem’ almond-peach rootstock using time-course transcriptome analysis. *PLoS One* 1–24. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205493>
- Bielsa B, Leida, C, Rubio-Cabetas MJ (2016) Physiological characterization of drought stress response and expression of two transcription factors and two LEA genes in three *Prunus* genotypes. *Sci. Hortic. (Amsterdam)* 213, 260–269.
- Bielsa B, Montesinos Á, Espiau MT, Ansón JM, Jaime SJ, Laya D, Sanz MA, Estopañán G, González V, Grimplet J, Rubio-Cabetas MJ (2021) Mejora genética del almendro en el CITA. Pasado, presente y futuro. *Agricultura* 1047, 48-55.
- Bielsa B, Sanz M, Rubio-Cabetas M (2019) Uncovering early response to drought by proteomic, physiological and biochemical changes in the almond × peach rootstock ‘Garnem’. *Funct. Plant Biol.* 46, 994–1008. <https://doi.org/10.1071/FP19050>
- Bielsa, B.; Sanz, M.Á.; Rubio-Cabetas, M.J. ‘Garnem’ and Myrobalan ‘P.2175’: Two Different Drought Responses and Their Implications in Drought Tolerance. *Horticulturae* 2021, 7, 299. <https://doi.org/10.3390/horticulturae709029>
- Claveria E, Asín L, Iglesias I, Vilardell P, Bonany J, Simard MH, Dolcet-Sanjuan R (2012) In Vitro Screening for Tolerance to Iron Chlorosis as a Reliable Selection Tool in a Pear Rootstock Breeding Program. *Acta Hort.* 935, 199-206.
- Dolcet-Sanjuan R, Mendoza CR (2020) Reactor system for in vitro culture of plant material, kit for transforming a receptacle into a reactor suitable for the system and method for in vitro culture of plant material using the reactor system. *WIPO PCT WO 2020/109637 A1*. Priority date: November 29th, 2018.
- Duval H, Hoerter M, Polidori J, Confolent C, Masse M, Moretti A, et al. (2014) High-resolution mapping of the RMia gene for resistance to root-knot nematodes in peach. *Tree Genet Genomes* 10,297–306. <https://doi.org/10.1007/s11295-013-0683-z>
- Eduardo I, Alegre S, Alexiou K, Arús P (2020) Resynthesis: Marker-based partial reconstruction of elite genotypes in clonally-reproducing plant species. *Frontiers in Plant Science* 11, 1205 23456789(),-volV() 0123458697(),-volV()
- Felipe AJ (2009) ‘Felinem’, ‘Garnem’, and ‘Monegro’ almond × peach hybrid rootstocks. *HortScience* 44, 196–197.
- Font i Forcada C, Reig G, Giménez R, Mignard P, Mestre L, Moreno MA (2019) Sugars and organic acids profile and antioxidant compounds of nectarine fruits influenced by different rootstocks. *Sci. Hortic.* 248, 145-153. (<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.12.010>)
- Font i Forcada C, Reig G, Mestre L, Mignard P, Betrán JÁ, Moreno MÁ (2020) Scion × rootstock response on production, mineral composition and fruit quality under heavy-calcareous soil and hot climate. *Agronomy* 10(8), 1159 (doi:10.3390/agronomy10081159)

- Gonzalo MJ, Moreno MA, Gogorcena Y (2011) Physiological responses and differential gene expression in *Prunus* rootstocks under iron deficiency conditions. *J. Plant Physiology* 168: 887-893. doi:10.1016/j.jplph.2010.11.017
- Gonzalo MJ, Dirlwanger E, Moreno MA, Gogorcena Y (2012) Genetic analysis of iron chlorosis tolerance in *Prunus* rootstocks. *Tree Genetics & Genomes* 8: 943-955. DOI 10.1007/s11295-012-0474-y
- Guajardo V, S Solís, R Almada, C Saski, K Gasic, Moreno MA (2020) Genome-wide SNP identification in *Prunus* rootstocks germplasm collections using Genotyping-by-sequencing (GBS): phylogenetic analysis, distribution of SNPs and prediction of their effect on gene function. *Scientific Reports* 10 (1467), 1-14 (doi.org/10.1038/s41598-020-58271-5)
- Iglesias I (2019) Costes de producción, sistemas de formación y mecanización en frutales, con especial referencia al melocotonero. *Revista de Fruticultura* 69, 50-59.
- Iglesias I, Torrents, J (2020) Millora Genètica de portaempelts de presseguer: la visió des d'una empresa viverística. In: Dossier Tècnic DARP num. 103: "Novetats en portaempelts de presseguer".
- Iglesias I, Torrents J, Moreno MA, Ortíz M (2020) Actualización de los portainjertos utilizados en cerezo, duraznero y ciruelo. *Revista Frutícola* 42(2), 8-18.
- Iglesias I (2021a) Retos para una agricultura eficiente y sostenible. *Vida Rural* 500, 82-90.
- Iglesias, I (2021b) La intensificación sostenible como respuesta al Pacto Verde de la Unión Europea: retos y ejemplos en la producción agrícola y el consumo alimentario. *Revista de Fruticultura* 79, 45-57.
- Iglesias I, Foles P, Oliveira C (2021b) El cultivo del almendro en España y Portugal: situación, innovación tecnológica, costes, rentabilidad y perspectivas. *Revista de Fruticultura* 81, 6-49.
- Iglesias I, Torrents, J, Zuñiga, M, Marzo C, Giori, M (2021c) Nuevos modelos agronómicos para una producción eficiente de ciruelo japonés y americano. *Revista de Fruticultura, Especial Albaricoquero* 70-99.
- Jiménez S, Dridi J, Gutiérrez D, Moret D, Irigoyen JJ, Moreno MA, Gogorcena Y (2013) Physiological, biochemical and molecular responses in four *Prunus* rootstocks submitted to drought stress. *Tree Physiology* 33: 1061-1075 (doi:10.1093/treephys/tpt074).
- Lobato-Gómez M, Guajardo V, Solís S, Martínez-García PJ, Gasic K, Moreno MA (2021a) Genetic study of flower traits in a segregating peach-almond progeny. *Acta Hort.*, 1307: 63-69. DOI 10.17660/ActaHortic.2021.1307.10
- Lobato-Gómez M, Hewitt S, Capell T, Christou P, Dhingra A, Girón-Calva PS (2021b) Transgenic and genome-edited fruits: background, constraints, benefits, and commercial opportunities. *Hortic Res.* 8, 166.
- Mestre L, Reig G, Font i Forcada C, Moreno MA (2020) Influència de portaempelts de prunera en el comportament agronòmic i qualitat de fruit de la varietat de préssec 'Catherina'. Dossier Tècnic 'Novetats en portaempelts de presseguer' 103, 15-20.
- Mignard P, Beguería S, Reig G, Font i Forcada C, Moreno MA (2021) Genetic origin and climate determine fruit quality and antioxidant traits on apple (*Malus x domestica* Borkh). *Sci. Hortic.* 285 (2021) 110142 (<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110142>)
- Montesinos Á, Thorp G, Grimplet J, Rubio-Cabetas MJ (2021) Phenotyping Almond Orchards for Architectural Traits Influenced by Rootstock Choice. *Horticulturae* 7, 159. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7070159>
- Moreno MA, Tabuenca MC, Cambra R (1995a) Adesoto 101, a plum rootstock for peaches and other stone fruit. *HortScience* 30 (6), 1314-15. <https://doi.org/10.21273/hortsci.30.6.1314>.
- Moreno MA, Tabuenca MC, Cambra R (1995b) Adara, a plum rootstock for cherries and other stone fruit species. *HortScience* 30 (6), 1316-17. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.30.6.1316>.
- Mussacchi S, Iglesias I, Neri D (2021) Training systems and sustainable orchard management for European pear (*Pyrus communis* L.) in the Mediterranean Area: A Review. *Agronomy* 11, 1765. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091765>
- Nicotra A, Moser L (1997) Two new plum rootstocks for peach and nectarines: Penta and Tetra. *Acta Hort.*, 451, 269-271. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.451.30>.
- Pinochet J, Calvet C, Hernández-Dorrego A, Bonet A, Felipe A, Moreno MA (1999) Resistance of peach and plum rootstocks from Spain, France, and Italy to rootknot nematode *Meloidogyne javanica*. *HortScience* 34 (7): 1259-1262. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.34.7.1259>.
- Rubio-Cabetas MJ, Pons C, Bielsa B, Amador ML, Marti C, Granell A (2018) Preformed and induced mechanisms underlies the differential responses of *Prunus* rootstock to hypoxia. *J. Plant Physiol.* 228, 134-149. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.06.004>
- Reig G, Lordan J, Fazio G, Grusak MA, Hoying S, Cheng, Francescotto P, Robinson T (2018a) Horticultural performance and elemental nutrient concentrations on 'Fuji' grafted on apple rootstocks under New York State climatic conditions. *Sci. Hortic.* 227, 22-37. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2017.07.002>
- Reig G, Font i Forcada C, Mestre L, JA Betrán, MA Moreno (2018b) Potential of new *Prunus cerasifera* based rootstocks for adapting under heavy and calcareous soil conditions. *Sci. Hortic.* 234, 193-200. (<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.037>)
- Reig G, Zarrouk O, Font i Forcada C, Moreno MA (2018c) Anatomical graft compatibility study between apricot cultivars and different plum based rootstocks. *Sci. Hortic.* 237:67-73. (<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.035>)
- Reig G, Salazar A, Zarrouk O, Font i Forcada C, Val J, Moreno MA (2019) Long-term graft compatibility study of peach-almond hybrid and plum based rootstocks budded with European and Japanese plums. *Sci. Hortic.* 243, 392-400. (<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.038>)
- Serra O, Donoso JM, Picañol R, Batlle I, Howad W, Eduardo I, Arús P (2016) Marker-assisted introgression (MAI) of almond genes into the peach background: a fast method to mine and integrate novel variation from exotic sources in long intergeneration species. *Tree Genetics & Genomes* 12:13. DOI: 96 10.1007/s11295-016-1056-1.
- Simard ME (2009) French contribution to rootstocks breeding and evaluation. *International Conference on Fruit Tree Rootstocks / Portinnesti degli alberi da frutto. Universidad de Pisa (Italia), Junio 2009.* Pág 33-43.
- Watson et al (2018) Speed breeding is a powerful tool to accelerate crop research and breeding *Nature Plants* 4, 27-29.
- Willet et al (2019) Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet Comissions.* [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)



De Prado PLANTACIONES

PLANTAMOS RENTABILIDAD

La experiencia de más de 20.000 hectáreas nos ha permitido desarrollar una agricultura sostenible y rentable

www.depradoplantaciones.com
info@depradoplantaciones.com



Un sueño hecho realidad: el robot recolector de fruta fresca

Avi Kahani y Gad Kober

FFRobotics Ltd. (Israel)

El recolector FFRobot proporciona al agricultor una alternativa más eficaz, más eficiente y que ahorra costes de mano de obra, aumentando la rentabilidad de la explotación.

Este sistema también ofrece la oportunidad de mejorar en gran medida la producción de fruta, la sostenibilidad del huerto y la seguridad alimentaria con las capacidades de agricultura de precisión al proporcionar los datos de producción y calidad de fruto obtenidos autónomamente durante la cosecha.

En el futuro, el FFRobot también podrá realizar el aclareo de flores, de frutos y la poda, aumentando así su uso a lo largo de la estación e incrementando su rentabilidad. La capacidad de realizar la poda y el aclareo de forma consistente con una máquina robótica y los datos obtenidos mejorarán en gran medida la calidad de la fruta y facilitarán la gestión de las explotaciones, especialmente en lo referido a la mano de obra.

Introducción

Incluso desde que Eva recogiese la primera manzana, según el Antiguo Testamento, toda la fruta fresca (esto es, para consumo directo sin ningún procesamiento o intervención industrial) se ha recogido a mano: alrededor de 120 millones de toneladas de manzanas, peras, cítricos y frutas de hueso se recogen para consumo directo cada año - todo recogido por manos humanas. La recolección representa el mayor coste de producción en frutales, dependiendo de la especie y del sistema de formación puede suponer entre el 25% i el 60% del coste total de producción.

Los agricultores que cultivan árboles frutales en todo el mundo se ven forzados, sin ninguna otra opción, a contratar temporeros cada año, a veces de países extranjeros, para poder recoger la fruta y tenerla disponible en los mercados poco después de su recolección. En todos los países productores de fruta la mano el coste de la mano de obra se ha multiplicado por 2 o por 3 veces en la última década, siendo cada vez más escasa y menos especializada. Es por ello que la producción deberá basarse en sistemas de conducción con copas bidimensionales, de fácil accesibilidad a personas y máquinas.

Este tipo de formación estará ya adaptado al siguiente paso: la recolección robotizada. Y es que sin lugar a dudas, este es el paso más importante y el mayor desafío para la fruticultura de los próximos años, que se añadirá al pack tecnológico que hará posible la fruticultura de precisión.

En el presente artículo se presenta la situación de la mano de obra para la recolección, así como las características más destacadas y las prestaciones del recolector FFrobot desarrollado por la empresa israelita FF Robotics.

Problemas que deben afrontar los productores

En la actualidad se sabe perfectamente que los fruticultores vienen experimentando desde hace varios años problemas comunes:

1. Escasez de trabajadores

1.1 Una escasez grave de trabajadores que, durante ya muchos años, ha forzado a los fruticultores a dejar que las frutas se pudran en los árboles porque no hay personal disponible: sencillamente los antiguos recolectores se retiran y los jóvenes no quiere trabajar en la agricultura, especialmente en la recogida de fruta: es un trabajo rutinario, cansado y aburrido, que requiere pasar muchas horas en escaleras (con el riesgo de caerse), cargar con bolsas pesadas llenas con las frutas que han recogido, llevar con ellos la bolsa al bajar por la escalera y caminar hasta un contenedor central para vaciar la bolsa. Y además con una peor remuneración comparado con otros sectores de la economía y no bien visto socialmente en la mayoría de países.

1.2 La mayor parte de estos recolectores de fruta no son trabajadores permanentes en la granja, y se les vuelve a reclutar otra vez cuando es posible al año siguiente, así que la mayoría de estos temporeros requieren formación antes de la temporada de cosecha, pues se trata de mano de obra muy poco cualificada. Además, las restricciones en las visas de trabajo temporales han aumentado las dificultades de reclutar trabajadores extranjeros.

2. Coste de la mano de obra

El coste de reclutar temporeros no para de incrementarse con cada cosecha, y lo mismo ocurre con los costes de transportarlos desde sus países de origen, alojamiento, comida y primas de seguros médicos y de accidentes. No ocurre lo mismo con los precios que perciben los productores, para la mayoría de frutas estables o a la baja.

3. Rentabilidad de las explotaciones

3.1 Los nuevos trabajadores requiere información al principio de la temporada de cosecha. Los trabajadores sin dicha formación, o incluso con formación, pero sin una amplia experiencia en recolección, tienen un efecto negativo en el volumen de fruta recogida y en la calidad de la fruta que recogen - lo que se traduce en una mayor coste y una menor rentabilidad para el agricultor.

3.2 Los trabajadores son subjetivos, y sus decisiones sobre la cosecha pueden estar influidas por la hora del día, el estado de ánimo y otros factores. La calidad de la fruta recogida por ellos a menudo es poco consistente - lo que implica menos beneficio para el agricultor, especialmente en variedades de alto valor añadido.

3.3 Como resultado directo de la ya mencionada escasez de trabajadores/trabajadores experimentados, a menudo no se recoge la fruta tiempo, algo que es un factor clave para su calidad, por lo que la rentabilidad se verá de nuevo afectada negativamente.

3.4 Por último, pero no menos importante, un trabajador sin experiencia/recién formado no podrá alcanzar el volumen de recogida de fruta óptimo, reduciendo los ingresos posibles por vender más fruta.

La recolección completamente robotizada como solución

El FFRobot recolector (**Figura 1**) es un sistema integrado autopropulsado que recoge la fruta de los árboles y la lleva directamente a los palots. El sistema consta de tres componentes principales - una plataforma híbrida que proporciona energía, mueve la máquina y maneja los palots; una estructura de 12 brazos robóticos independientes, seis a cada lado de la plataforma con sistemas de detección e inteligencia artificial para recolectar la fruta; y un sistema integrado de transporte de la fruta y relleno de palots. La máquina es completamente automática y autónoma mientras se realiza la cosecha en el huerto. Por razones de seguridad, hay un supervisor en la máquina en caso de mal funcionamiento y para colocar la máquina en las filas de árboles.

En el extremo de cada brazo robótico hay una pinza para coger la fruta, girarla y cortar el pedúnculo dependiendo del tipo de fruta (**Figuras 2 y 3**). La pinza está guiada por un sistema de cámaras, un sofisticado procesamiento de imagen e inteligencia artificial/red neuronal que garantiza que se puede acceder y recolectar la fruta sin dañarla y que solo se recoge la fruta objetivo en base a las especificaciones de calidad establecidas para cada variedad y huerto.



Figura 1.

Vista lateral del FFRobot para la recolección automatizada de manzana y otros frutos con el supervisor de la misma y los 6 brazos robóticos posicionados a diferentes alturas.



Figura 2. Vista frontal y lateral de la pinza y del brazo de FFRobot para la recolección automatizada de manzana.



Figura 3. Superior detalle de la pinza y del brazo de FFRobot para la recolección automatizada de manzana en sustitución de la mano y del brazo humano (inferior, Foto: I. Iglesias).





Figura 4. El recolector FFRobot en pleno trabajo de campo con sus 12 brazos robóticos recolectores independientes. Pueden observarse las cintas de descarga de las manzanas en tres niveles de altura

lo que posibilita la recolección en una sola pasada de las dos caras de la plantación (**Izquierda**). **A la derecha** comparación con una plataforma automotriz convencional (Foto: I. Iglesias).

Funcionalidad

El supervisor conduce al recolector FFRobot hasta el principio de la hilera de árboles y está situado de pie frente a una interlínea de árboles (normalmente 2 árboles, dependiendo de la estructura de un muerto) en la fila, a ambos lados de la plataforma (**Figura 4**).

Guiado por un sofisticado procesamiento de imagen/visión y un software de inteligencia artificial y algoritmos de vanguardia, el FFRobot, usando múltiples cámaras y sensores, realiza fotos de la sección de árboles a ambos lados del FFRobot, analiza las fotos, identifica la ubicación de las frutas en los árboles, evalúa los obstáculos potenciales que puedan impedir la recogida de fruta de calidad, determina - en base a los criterios que el agricultor introduce previamente en el sistema informático de FFRobot -el tamaño y el color de las frutas, selecciona las que deben recogerse de acuerdo a estos criterios, y finalmente da instrucciones a cada brazo robótico para moverse hacia una fruta concreta y recogerla. Los doce brazos operan simultáneamente para recoger fruta con una alta tasa de eficiencia en la localización y un elevado rendimiento en la recolección.

En cuanto la pinza recoge la fruta, cada brazo se retrae hacia la base del FFRobot y coloca la fruta con suavidad en una cinta transportadora, que lleva la fruta hacia el palot situado en el fondo de la plataforma. Ésta incluye tres palots, y cuando uno se llena la plataforma lo deja suavemente en el suelo por la parte trasera (**Figura 5**) y lo reemplaza por uno nuevo vacío. Tras recoger la fruta de los árboles a ambos lados de la plataforma, ésta se mueve automática y autónomamente girando e iniciando la siguiente interlínea donde comienza de nuevo el procedimiento anteriormente descrito para continuar con la cosecha (**Figura 5**).



Figura 5. A la izquierda vista posterior del FFRobot donde se observa la salida y descarga de los palots una vez llenos. A la derecha puede observarse su similitud con una plataforma convencional (Foto: I. Iglesias).

Especificaciones de trabajo del FFRobotics

El rendimiento final del recolector FFRobot con sus 12 brazos robóticos es de 9.000 frutos/h, lo que equivale a 1.400-1.500 kg/h de manzanas) y supone alrededor de 10 veces más que la producción media recolectada por un recolector humano hábil (rendimiento medio de entre 130-190 kg/h). Por lo tanto el rendimiento de FFRobot equivaldría a 10 trabajadores trabajando en una plataforma automotriz (Figura 4). El recolector FFRobot puede trabajar 20 horas al día (funciona también por la noche con luz artificial montada en la plataforma), consiguiendo así un rendimiento en torno a los 30.000 kg de fruta recolectada al día.

El recolector FFRobot normalmente logra localizar y recolectar en torno al 90% de la fruta en cada árbol de un huerto configurado con un muro frutal, con un porcentaje bastante bajo de fruta dañada (5%), similar al de la recolección humana convencional. Para optimizar su eficiencia en la localización de los frutos por su sistema de visión artificial, es imprescindible disponer de sistemas de formación basados en copas bidimensionales y muros frutales lo más estrechos posible y con frutos de óptima accesibilidad a las pinzas recolectoras.

Durante el proceso de recogida, el FFRobot reunirá datos y los almacenará para futuras referencias del agricultor: número total de frutas y fruta recogida por árbol, fila, rendimiento/ha y huerto, mapa de producción de cada parcela y estructura de los árboles. Estos datos son de máximo interés dado que pueden utilizarse como guía para futuras mejoras en la gestión de huerto (poda, abonado, tratamientos fitosanitarios, etc.) con el fin de proporcionar una fruta de mejor calidad y mejoras en la sostenibilidad en el uso de los inputs.

Pulverizadores autónomos para frutales:

La próxima
revolución en
equipamiento
agrícola

Gary Thompson & Dave Guss

GUSS (California, USA)

Resumen

En explotaciones de cultivos leñosos estamos asistiendo a una innovación tecnológica sin precedentes que incluye la monitorización y digitalización de datos de clima, suelo y planta, el uso de imágenes satelitales para conocer el estado hídrico del cultivo, de cámaras multispectrales para aforos de cosecha o la robótica para la recolección, que constituyen herramientas de ayuda a la realización de labores de campo y a la toma de decisiones. En definitiva nos conducen a una fruticultura de precisión para un uso más eficiente de los inputs. En el caso de la aplicación de productos fitosanitarios GUSS aporta una innovación sin precedentes a escala mundial: la pulverización con equipos autónomos en cultivos frutales. Se presentan dos opciones de pulverizadores: la primera para plantaciones extensivas ya comercializada desde 2019 y la segunda para plantaciones en alta densidad disponible en el mercado en la primavera de 2022. Con una autonomía de 14 y 12 h, respectivamente, permiten realizar los tratamientos de forma totalmente automatizada a cualquier hora del día, con un alta eficiencia en la aplicación y reduciendo a gran escala las necesidades de mano de obra para esta labor.

Pulverizador autónomo GUSS donde se aprecian las cámaras frontales de guiado. Su longitud es de 7,3 m, una anchura 2,3 m y cuenta con depósito de carburante para una autonomía de trabajo de hasta 14 h.



Introducción

Los productos fitosanitarios y su aplicación constituyen uno de los principales costes de producción en cultivos arbóreos. Además, precisa de mano de obra cada vez más escasa y de menor cualificación para una aplicación que supone siempre un cierto grado de riesgo al tratarse de pesticidas. GUSS Automation's pulverizadores autónomos incorpora la tecnología más avanzada para cambiar la dirección de del sector agrícola y de sus empresas. Con la compañía GUSS (Global Unmanned Spray System), los productores son capaces de incrementar su eficiencia y precisión así como mantener sus trabajadores en las mejores condiciones laborales jamás vistas anteriormente.

En el presente artículo se describen las principales características de los atomizadores autónomos desarrollados por GUSS a lo largo de la última década, combinando los últimos avances tecnológicos en geolocalización (GPS), tecnología LiDAR, pulverizadores y visión artificial para su posicionamiento, guiado y aplicación eficiente de los tratamientos fitosanitarios en cultivos leñosos.

La propuesta de GUSS en equipos de tratamientos: características y modelos

Como muchas invenciones revolucionarias, GUSS se ha desarrollado por necesidad. Cuando Dave Crinklaw se enfrentaba a los elevados costes de materiales y mano de obra en su negocio de tratamientos fitosanitarios en plantaciones de frutales, buscada respuestas a dicha problemática y la solución llegó en forma de un pulverizador autónomo sin conductor.

Tras años de investigación y desarrollo, nació GUSS. Dave Crinklaw (CEO) empezó a utilizar GUSS en su empresa de aplicación de tratamientos fitosanitarios en frutales. Cuando los agricultores locales se enteraron de esta innovación, quisieron disponer también de esta innovación desarrollada por GUSS en sus huertos. En el año 2019, GUSS Automation vendió su primer pulverizador de frutales autónomo, y la noticia sobre esta tecnología tan vanguardista se extendió rápidamente.

GUSS utiliza una combinación de GPS, LiDAR y la última tecnología para circular autónomamente por la plantación pulverizando cada árbol con precisión y eficiencia. Con 7,3 metros de largo, 2 metros de alto y 2,3 metros de ancho, GUSS está diseñado para realizar los tratamientos de forma cómoda por todo el huerto. GUSS incluye un tanque de 2.270 litros (600 galones), un distribuidor de 32 boquillas pulverizadores con cierres individuales, un período de trabajo de hasta 14 horas con el tanque de combustible 340 litros (90 galones), y un motor diesel Cummins de 3,8 litros con la potencia necesaria para mantener a GUSS moviéndose hilera tras hilera y campo tras campo, día y noche.

Un solo empleado puede monitorizar y operar hasta con ocho máquinas GUSS desde el vehículo mientras los camiones nodriza de abastecimiento suministran el producto a pulverizar cuando GUSS lanza la señal de recarga. GUSS dispone del software para generar archivos de datos exhaustivos de trazabilidad de la operación de pulverización para mostrar la ruta seguida en la misma, dónde se aplicó, con que velocidad y cuándo se aplicó, con el objetivo de optimizar todas las operaciones.

Mike Carr, directivo de Five Star Farms ha logrado un gran éxito con GUSS. «GUSS ha tenido un gran impacto en la granja, permitiéndome hacer más con menos. Conseguimos hacer más acres cada turno porque nos paramos y estamos menos inactivos.

Fotografía superior:

Pulverizador GUSS realizando la aplicación de fitosanitarios de forma autónoma en una plantación de almendros de baja densidad en California.

Fotografía inferior:

Pulverizador autónomo GUSS realizando la aplicación de fitosanitarios en una plantación tradicional de pistachos en California.



Pulverizador autónomo Mini GUSS con una anchura de 1,8 m está diseñado para plantaciones intensivas de frutales, olivo y viñedo. Su autonomía es de 12 h.



Vista lateral del pulverizador autónomo Mini GUSS con una longitud total de 6 m y torre con 44 boquillas.

Mi dependencia de la mano de obra y todos los retos y problemática asociada ha disminuido enormemente, señala. En mi opinión «el pulverizador autónomo GUSS es la única forma de seguir avanzando en el camino de la eficiencia en el uso de inputs». Al correrse la voz sobre los éxitos que los granjeros estaban teniendo con Orchard GUSS, la euforia creció rápidamente. Los clientes de GUSS en todo el mundo pedían un GUSS más pequeño diseñado especialmente para viñedos y huertos de alta densidad de viñedos y otros frutales.

GUSS Automation se puso manos a la obra para diseñar y desarrollar el GUSS mini.

Puede que GUSS mini sea más pequeño que su predecesor, el Orchard GUSS, ¡pero es PODEROSO! El GUSS mini estándar tiene 1,8 metros de ancho, 1,7 metros de alto y 6 metros de largo con 28 boquillas cerámicas.

Cuenta con un tanque de 400 galones y un motor diésel Cummins de 3,8 litros para enfrentarse al terreno más agotador. El GUSS mini puede funcionar hasta 12 horas con su depósito de combustible de 77 galones.

GUSS Automation ofrece dos opciones de torre de boquillas para el GUSS mini. La torre de viñedo tiene 2,74 metros de alto con 22 boquillas cerámicas y la torre para huertos de alta densidad de manzanos 2,8 metros de alto con 44 boquillas cerámicas. Gracias al tamaño más pequeño del GUSS mini, puede circular fácilmente por hileras de 2,74 metros de anchura pulverizando con precisión y eficiencia. El GUSS mini hará su debut en la primavera de 2022.



Chaleco de seguridad Defender™ de GUSS para la pausa de la máquina al detectar una persona.

Con el progreso de la tecnología y su entrada en la industria agrícola, GUSS Automation continúa haciendo de la seguridad su prioridad mediante la implementación de avances en el mercado de vehículos autónomos. GUSS Automation desarrolló el chaleco Defender™ con el fin de añadir una capa adicional de seguridad para los empleados que se suma a los sensores de detección de obstáculos ya presentes en GUSS.

GUSS pulveriza huertos autónomamente con una precisión y eficiencia incrementada y mantiene a los trabajadores de campo más seguros con respecto al equipamiento de pulverización utilizado en plantaciones tradicionales. GUSS no solo minimiza la exposición a los pesticidas que se utilizan no siendo necesarias personas para su aplicación, sino que también incluye muchas otras funciones de alta seguridad frente a personas, animales, vehículos y obstáculos diversos.

«Desarrollar sistemas de seguridad sólidos es nuestro deber como pioneros líderes en el sector del equipamiento agrícola autónomo», afirmó Gary Thompson, director de operaciones de GUSS Automation. «El chaleco Defender™ fue el siguiente paso lógico para nosotros en nuestra lucha por maximizar el nivel de seguridad alrededor de las máquinas GUSS, añadiendo una capa adicional de protección redundante a un conjunto de seguridad ya robusto.»

Esta tecnología propietaria del Defender™ no es solo para el equipamiento agrícola autónomo, sino que potencialmente puede añadirse a cualquier vehículo para mejorar la seguridad. Las baterías situadas en el transmisor del chaleco de seguridad de alta visibilidad tienen una vida estimada de año y medio. No es necesario cargarlas diariamente, haciendo que su uso sea fácil y cómodo para los empleados.

Tras una batería de pruebas estratégicas sobre el terreno, las primeras máquinas GUSS que utilizan la tecnología Defender™ se pusieron a disposición de los clientes en abril de 2021. La tecnología Defender™ es ahora un estándar en todos los vehículos GUSS para maximizar la seguridad de los granjeros, los agricultores y sus cuadrillas. Al estar a la vanguardia del equipamiento agrícola autónomo, GUSS Automation hace de la seguridad su mayor prioridad y continuará innovando en este campo.

Las máquinas GUSS también están disponibles con Select Spray. Esta tecnología permite incrementar la precisión dirigiéndose al árbol concreto sin importar el tamaño y pulverizando la cantidad determinada y exacta del material necesario. Esta técnica de pulverización también minimiza los costes laborales, de tiempo, de deriva y de materiales. Con la tecnología Select Spray, la aplicación de pesticidas para la protección del cultivo nunca había sido tan preciso.

«Nos encantan las máquinas. Hacemos como mínimo entre 16 y 20 hectáreas más al día con una cuadrilla de cuatro operarios en lugar del tractor tripulado tradicional.

Lo mejor es su eficiencia, seguridad y precisión» declaró Ryan Boucher, copropietario de Blair Ground Services. «Muchas cosas nos hicieron optar por esta innovación pero sobre todo la eficiencia de la mano de obra y de los tratamientos. Los costes laborales y las exigencias de seguridad laboral están por las nubes y en el futuro estaremos aún peor, así que ese fue un factor decisivo: «hay menos responsabilidad, menos riesgo y más fiabilidad.»

GUSS Automation ha logrado alcanzar su ritmo. En tan solo un año y medio han entregado su pulverizador de huertos autónomo número 100 y ahora tienen máquinas GUSS pulverizando por todo Estados Unidos y Australia, y están buscando expandirse al mercado europeo en un futuro próximo.

El crecimiento de GUSS ha sido una aventura emocionante para su equipo. GUSS Automation, LLC tiene actualmente 35 empleados incluyen a un equipo técnico, ingenieros, encargados de pruebas sobre el terreno, equipo de satisfacción del cliente y sus cuadrillas de fabricación y ensamblaje. Con la creciente demanda de GUSS, están optimizando el proceso de fabricación para doblar la producción a dos máquinas GUSS por semana. GUSS Automation también tiene su equipo externo de distribuidores GUSS autorizados de confianza en los EE.UU. y Australia para satisfacer las necesidades de los clientes.

GUSS Automation continúa siendo un innovador en la industria con planes para equipamiento agrícola autónomo adicional. Con el coste cada vez mayor de la mano de obra y de los productos fitosanitarios, la pulverización autónoma será una herramienta imprescindible para aumentar la productividad, facilitando el manejo de personal, mejorando el funcionamiento de las explotaciones y agricultores en todo el mundo.

Para ver a GUSS en acción:
<https://gussag.com/>



Plantilla de la empresa GUSS en sus instalaciones de Kinsburg (California, USA).



Visita de personal de Agromillora Group y Bronco Wine Company en enero de 2020 a la fábrica de GUSS en Kinsburg (California, USA).



¿Qué es OnFruit 360?

Un sistema automático de conteo de fruta sobre el árbol. Procesa datos que permiten:

- 🍃 Aforar las plantaciones
- 🍃 Observar la distribución de la producción
- 🍃 Analizar indicadores, como el vigor de las plantas, la frondosidad, etc.
- 🍃 Exportar información de valor

¿Cómo lo hacemos?

Se procesan los datos con sensores instalados en los vehículos de trabajo.

Posteriormente, puedes tomar decisiones comparando y analizando entre diferentes índices, parcelas, fechas, etc., disponibles en una plataforma accesible desde cualquier equipo con conexión a internet.



Sistema de aforado de cosecha en plantaciones frutales para la toma de decisiones más eficiente: predice, mide y controla

95% DE PRECISIÓN

Inteligencia artificial e información para



Mejor manejo de la plantación



Previsiones más exactas en ventas y logística



Optimización de recursos e insumos



BLOQUE 2

EJEMPLOS PRÁCTICOS DE INNOVACIÓN POR EMPRESAS

DIGITALIZACIÓN: NECESITAMOS UNA AGRICULTURA CONECTADA PARA DIRIGIR TODA EMPRESA AGRÍCOLA CON SEGURIDAD

Amalia Martínez Rodríguez. Responsable de Comunicación Isagri.

AFOROS DE COSECHA EN TIEMPO REAL: UNA HERRAMIENTA PARA LA MEJORA DE LA COMPETITIVIDAD DE LAS EMPRESAS FRUTÍCOLAS

David Francés, CEO AGERPIX (Soria, España)

DIGITALIZACIÓN Y BIG DATA EN EL SECTOR DE LOS CULTIVOS DE ALTO VALOR: SOSTENIBILIDAD, RENTABILIDAD Y SALUD

Fede Pérez, Pulverizadores FEDE (España)

«SABEMOS QUE LA AGRICULTURA SEGUIRÁ CAMBIANDO Y EVOLUCIONANDO»

Kathryn Van Weerdhuizen, Directora de mercados globales. Grupo PloegerOxbo.

AGRICULTURA DIGITAL. EL CAMINO HACIA LA AGRICULTURA SOSTENIBLE.

Feli Bórnez, Marketing Estratégico Regaber

LA AGRICULTURA DEL SIGLO XXI. PRODUCIR MÁS CON MENOS RECURSOS.

Manuel Gómez Carmona, Ingeniero agrónomo. PLM de Agricultura inteligente y Nuevas tecnologías en Naandan Jain Ibérica

MICROORGANISMOS Y BIOESTIMULACIÓN: CUANDO LA AGRICULTURA SE PONE EN MANOS DE LA BIOTECNOLOGÍA

Alejandro Salvador, Inmaculada del Castillo, Mercedes Verdeguer, Javier Nacher y Marta Muñoz. IAM & SEIPASA

¿POR QUÉ ESTABLECER ZONAS DE GESTIÓN A PARTIR DE IMÁGENES DE SATÉLITE?

Patricia Salas y Marta Mercadal, SONEA

DIGITALIZACIÓN: Necesitamos una agricultura conectada para dirigir toda empresa agrícola con seguridad

Amalia Martínez Rodríguez



Responsable Comunicación Isagri

ISAGRI, empresa de origen francesa, fue creada en 1983 con el propósito de desarrollar y distribuir soluciones informáticas para el sector agrícola, vitivinícola y ganadero con el fin de poder gestionar mejor sus actividades.

Hoy en día, la empresa es el líder europeo con una implantación en 12 países y unos 140.000 clientes de los cuales 6.000 son bodegas (más de 600 en España). El Grupo ISAGRI desarrolla, comercializa y mantiene el conjunto de sus aplicaciones. Cuenta con una plantilla de 2400 personas y unos 400 autónomos colaboradores. En España, la empresa está implantada desde 1991 con un equipo de 45 personas y unos 40 técnicos autónomos repartidos en las principales zonas de producción españolas.

Nadie mejor que un profesional de la agricultura sabe que, en esta actividad, **las inversiones y los cambios de estrategias son necesarios** para no quedarse atrás.

Todo avanza. Vivimos en un entorno cambiante y el agricultor competitivo debe reaccionar y asumir las repercusiones de cada decisión. En mi experiencia en el sector, siempre me ha inquietado lo mucho que abarca esta profesión, lo **expuesta que está a los riesgos no controlables** y lo determinante que es tener buena información para tomar decisiones que pueden hacer cambiar el rumbo de una explotación.

Todo lo sí controlable debe estar vigilado, y es este el motivo por el que en el **equipo ISAGRI crecemos en la determinación de la digitalizar al sector.**

Sabemos que es crucial para dirigir con seguridad una empresa agrícola. Además de la complejidad del sector, en muchos de los casos, todo es llevado por un pequeño grupo de personas que deben sopesar a cada paso sus datos, tanto técnicos como económicos, desde la elección de la tierra y la variedad de su plantón hasta cómo comercializar su fruto con la mejor rentabilidad.

Estamos frente a un sector de héroes que mueven nuestra economía y que se enfrentan a retos cada vez más exigentes.

«Las inversiones y los cambios de estrategias son necesarios para no quedarse atrás»





¿Cuáles son esos desafíos?

Pues los más explícitos, claramente, son:

- » Elegir el buen terreno, o reconvertirlo en adecuado para el cultivo elegido, y valorar su coste de oportunidad.
- » Elegir la variedad acertada, atinando a su vez con el proveedor más solvente y cumplido.
- » Contar con el equipo más comprometido y contratar los servicios más adecuados: asesoramiento, subcontrata de tareas,...
- » Emplear los insumos de mayor eficacia en cada cultivo, prestando atención a sus evoluciones.
- » Invertir en la maquinaria más adaptada y contabilizar sus costes directos e indirectos y amortización.

En suma a todo esto vemos que, cada vez con más exigencia, el entorno de trabajo se ve influenciado por **otros factores de gestión** que entran en juego:

- » **La presión administrativa:** el uso restringido de fitosanitarios, abonados, Eco, Global Gap... haciendo necesaria el conocimiento de las materias activas y sus dosis permitidas, la búsqueda de los tratamientos más efectivos combinado con el manejo más acertado.
- » **Las nuevas prácticas agrícolas:** Tratamientos con dosis inferiores, nuevos sistemas de producción y guiado, nuevas variedades de cultivo, control de aportes de nitrógeno,...
- » **El contexto económico:** Explotaciones cada vez más complejas (parcelas remotas...), rentabilidad comprometida por incremento de costes, ...
- » **Aumento de la presión social:** Consumidor exige trazabilidad desde plato hasta la parcela, compromiso de residuo cero en nuestros alimentos, gustos cambiantes de los mercados
- » **La conciliación de la vida laboral y la familiar,** por supuesto, ya todos valoramos nuestro tiempo libre...

Todo este entramado de condicionantes hace necesaria la **Transformación digital del sector**, el uso de herramientas informáticas se vuelve crucial para facilitar esta gestión de datos y la toma de decisiones: informática de gestión de parcelas (**Geofolia e Isapreco de ISAGRI**) enlazada con estaciones agroclimáticas (**Meteus de ISAGRI**) y sensórica de riego (**SENTEK**). Una **agricultura conectada**.

Trabajando este punto de la digitalización y el control integral de las explotaciones, queremos proponer **dos ejemplos de gestión diferenciada por su estructura y naturaleza**, pero ambas gestionadas con ayuda de los programas informáticos **GEOFOLIA e ISAPRECO**, de ISAGRI.

AZUD



PRECISIÓN
en el riego para
conseguir la máxima
rentabilidad

Miles de agricultores confían en la tubería emisora AZUD PREMIER para garantizar la precisión en el riego y la nutrición de sus cultivos de alto valor año tras año.



Ignacio Prats

Gerente de Servicios de Ingeniería y Proyectos Agrícolas SL,
Director Técnico de Frutas del Paraguay

«Su retorno es obtener información útil para mi toma de decisiones»

En primer caso contamos con la experiencia de 23 años de profesión agrícola de **Ignacio Prats**: Gerente de **Servicios de Ingeniería y Proyectos Agrícolas SL**, Director Técnico de **Frutas del Paraguay** (Explotación de 100 ha de Caqui), así como viverista de plantas ornamentales.

Ignacio, ¿nos darías un resumen de tu trayectoria?

Soy hijo de agricultor e ingeniero llevo esto en la sangre. Empecé mi trayectoria profesional vinculándome al riego localizado, posteriormente salté a técnico comercial y vi claramente mi vocación de técnico y emprendedor.

Fundé en 2004 Servicios de Ingeniería y Proyectos Agrícolas SL, empresa ideada para asesorar agricultores y realizar el ejercicio libre de la profesión de Ingeniero Agrónomo. Rápidamente **desde el inicio de mi andadura profesional me vinculé a ISAGRI por las necesidades de recoger datos de manera organizada** para la toma de decisiones.

¿Por qué has decidido abrirte paso en Sudamérica?

En nuestro sector, aunque no nos lo parezca, **todos estamos vinculados a la macroeconomía y a la globalización**, los precios de los productos que producimos se ven afectados por los procedentes en cualquier parte del mundo si son susceptibles de ser transportados y comercializados en nuestros mercados. Me surgió la oportunidad laboral de ir a asesorar una finca de cítricos de 550 hectáreas en Paraguay, acepté este reto y conocí un país super interesante para la agricultura. Con los que actualmente son mis socios, **valoramos la posibilidad de producir algo en Paraguay** (hemisferio sur) que fuera bien valorado y que no

hubiera producción significativa con el fin de buscar un buen precio de mercado. Decidimos plantar una finca de **100 hectáreas de caqui, fundamentalmente para traer contra estación** la producción a hemisferio norte. Hemos recolectado a este año la primera cosecha y esperamos una buena producción para el año que viene.

¿Cómo gestionas a distancia una explotación en Sudamérica?

Lógicamente viajando mensualmente y **gracias al programa informático en nube Geofolia, de ISAGRI**. El responsable de la explotación realiza partes diariamente y **puedo ver lo que se ha hecho a diario**. Junto con **las fotografías de los partes realizados con el móvil**.

¿Qué diferencias notas frente a la producción nacional?

Por clima, suelo etc no tiene nada que ver, incluso por las plagas. El estándar de calidad demandado en el país es más bajo, pero si quieres exportar, te autoimpones el estándar europeo con lo que nos ceñimos a la normativa de **EurepGAP**, más restrictiva; es fácil ya que **Geofolia tiene integrado el vademécum** de materias activas, así como la posibilidad de edición del **cuaderno de campo** de éste y otros protocolos.

¿Cuáles han sido los cambios más sustanciales que has percibido en el sector durante estos años de profesión?

Desde que ejerzo la profesión he vivido cambios significativos en diferentes áreas:

- » **Legislaciones cada vez más restrictivas en el uso de fitosanitarios, algunas veces justificadas y otras injustificadas dejando serias dificultades a los agricultores para llevar sus cultivos adelante.**
- » **La necesidad de gestión técnico-económica de la explotación hoy es más necesaria que nunca, es importante valorar las inversiones, pero el manejo del día a día es crucial.**
- » **Control climático, regar lo necesario (según fenología y condiciones climáticas), aplicar los tratamientos cuando se dan las condiciones adecuadas, etc**

¿Qué papel crees que juega la informática aplicada a la producción de leñosos?

Sin duda es crucial como antes comentaba, en una producción hortícola un error es para una cosecha (6 meses) en un cultivo leñoso para cuando te quieres dar cuenta han pasado un mínimo de 4 años, que es cuando entra en producción, lógicamente es mucha inversión. Además, en el seguimiento del día a día te das cuenta del coste real de cada uno de los trabajos que realizas en la explotación. Si solo anotamos datos y no lo hacemos de una manera organizada y además no obtenes un retorno de datos útil para la toma de decisiones... no sirve de nada.

¿Qué decisiones has podido tomar de una manera más certera gracias al uso de las aplicaciones ISAGRI?

Muchísimas, teniendo datos reales de tu explotación no haces los números con producciones estándar por precios medios que no son tu caso. (No se pueden hacer inversiones con las producciones que dice tu vecino y los precios que comentan en el bar).

Gracias a la **informática de ISAGRI afronto cada inversión siendo conocedor de cada uno de los costes**: desde la implantación del cultivo hasta el manejo del día a día, determinar el umbral de compra de maquinaria, coste real horario, etc...

¿Cómo fue el vincularte a la producción ornamental?

Me pareció un sector interesante en cuanto a márgenes, comparativamente a la agricultura tradicional de leñosos y empecé por hacer palmáceas y posteriormente he empezado con cítricos ornamentales. La gestión informática en un vivero es fundamental, ya que el recurso mano de obra y la inversión son altos.

¿Para qué perfil de productor recomiendas el uso de nuestras aplicaciones?

¡¡¡Verdaderamente no hay un perfil a definir, cualquiera que se dedique a la agricultura debería gestionar su explotación bien para crecer o, simplemente, para no desaparecer!!!





**Andrés
Rodríguez
Gómez**

Consejero Delegado
de Viña Costeira

**«Nos ayuda
a mejorar la
trazabilidad
desde la
finca a la
botella»**

Desde **Viña Costeira** en Ribadavia (Ourense), **Andrés Rodríguez Gómez, Consejero Delegado**, nos describe la casuística y necesidades de gestión técnico-económica de la Cooperativa y sus 450 socios viticultores.

Andrés, ¿Cómo describirías la base territorial que comprende la cooperativa?

La nuestra es una cooperativa atípica en este sentido, pues debido a la estructura de la tierra que tenemos en Galicia, especialmente en el Ribeiro, nuestros viticultores presentan un grado de profesionalización bajo, con un **tamaño medio de explotación de poco más de 6.000 m² y suponiendo la viticultura su segunda actividad** en la mayor parte de los casos. Tan solo el 10% de nuestros socios son viticultores a tiempo completo.

Esto, que en tiempos supuso cierta ventaja, es ahora mismo el mayor de los retos a los que nos enfrentamos en los próximos años, puesto que necesitamos cambiar el modelo productivo de la empresa y actuar sobre la base territorial. Cuando **Viña Costeira nació en 1968, tenía más de 1.500 socios** y, hoy en día, somos 450. ¿Cuántos seremos dentro de 10 años?? No lo sé, pero me temo que menos de la mitad, así que, estos, tendrán que tener explotaciones medias de un mínimo de 2 Has. para contar con una actividad rentable y que la cooperativa sea sostenible a largo plazo. Como digo, ése es el objetivo de los próximos años y para el que estamos tratando de implicar a todos los agentes de la comarca (viticultores y entidades públicas y privadas).



¿Cuál es la complejidad en el control, cuáles son las necesidades básicas de control de un viñedo?

Desde el punto de vista de profesional de la viticultura: en nuestra zona, además de todos los momentos críticos a controlar en cualquier otra dentro de nuestro sector, yo identificaría dos puntos realmente críticos debido a nuestra singularidad:

- » **Primero, la selección adecuada del lugar de plantación.** Aunque parezca una obviedad, en una comarca como el Ribeiro, la de mayor minifundio de toda España y donde además hay muy poca tierra disponible, uno puede tener la tentación de tratar de aprovechar algunas zonas no del todo idóneas para el cultivo de la vid por el hecho de tener más superficie toda junta y, con el paso de los años, nos hemos dado cuenta de que esto es un error, obteniendo malos resultados tras realizar plantaciones excesivamente caras (uso intensivo de bancales y muros) y tremendamente poco productivas. La decisión de dónde plantar, tomada una única vez en la vida, puede marcar el futuro de la explotación para siempre, para bien o para mal.
- » **Segundo, la campaña de tratamientos.** Galicia en general, y Rías Baixas y Ribeiro en particular, conviven con el riesgo constante de enfermedades fúngicas y, en función de cómo venga el año, el acertar con cada mano de tratamiento se ha tornado en absolutamente vital en los últimos tiempos.

Desde el punto de vista de la coordinación y control de la cooperativa: Vinculado a la estructura de la tierra y al tamaño medio de explotación por viticultor, el control de plagas por zonas, estimación de cosecha y organización de vendimia a todos los niveles se vuelven muy complicados. Para esto nos **estamos intentando apoyar en la tecnología**, pues la gestión de **nuestra producción en tantas parcelas y tantos viticultores es algo que nos obliga a multiplicar nuestros esfuerzos** presupuestarios y de personal.

¿Qué tiene que hacer un viticultor para mejorar su viñedo y ser competitivo?

En nuestro caso, está claro: Antes de nada, aumentar el tamaño de su explotación, para mecanizarla al 100% y digitalizarla en la medida de lo posible para que, **con nuestra ayuda y la de los programas ISAGRI, sea capaz de llevar una gestión profesionalizada del viñedo y un control de costes analíticos del mismo.**

¿Cuál fue el detonante que ha hecho informatizar con ISAGRI los viñedos?

Para **Viña Costeira**, el control de gestión. Desde hace 4 ó 5 años, estamos inmersos en un **profundo proceso de digitalización de la empresa**, de todos sus departamentos, y no tenía ningún sentido que, suponiendo el **coste de la uva hasta el 70% de los costes de explotación** de alguno de nuestros vinos, tuviésemos esta parcela tan poco controlada. Para el presente y el futuro de la bodega (nuevas plantaciones, tanto de la propia empresa como de sus socios), es un aspecto nuclear dentro de nuestra estrategia.

¿Qué retos a cumplir debíais cumplir a través de la informática específica para viñedos, qué avances pretendíais lograr? ¿Qué beneficios os ha reportado?

Aún nos quedan mucho por afinar, pero resaltaría 2 cosas fundamentalmente:

- » **Control presupuestario y de gestión: Tener todos los costes ajustados por cada tarea, parcela, máquina y/o operario.**
- » **Cuaderno de campo digital, especialmente para nuestros socios. Aunque aquí nos queda mucho camino por andar, de cambio de cultura y fomento de su uso, pero espero que lleguemos al punto en que todos lo hagan, facilitándonos la gestión desde la bodega y ayudándonos a mejorar la trazabilidad completa desde la finca hasta la botella.**

¿Cuántos centros de producción controlas con la informática?

Ahora mismo, **todos los propios de las bodegas** (viñedo en propiedad de la empresa que gestionamos directamente, distribuido en 6 fincas con sus distintos sectores y parcelas, además del proceso de recepción de uva, elaboración y embotellado en las 3 bodegas con que contamos a día de hoy) **y, además, parte de los socios** con los que, de momento, estamos realizando pruebas con la vista puesta a extenderlo a todos ellos en la próxima campaña.

Frase que resuma la relación de Viña Costeira con ISAGRI o lo programas de ISAGRI

Creo que, con la implantación de los programas de ISAGRI, Viña Costeira entra en lo que será un cambio de rumbo en el modelo productivo en sus viñedos, en pro de la profesionalización y brindando nuevas herramientas a sus socios que ayuden a atraer también a nuevos viticultores.



Estudio de **rendimiento en olivar** tras aplicaciones de producto de microorganismos **EnerPlus**.

Eitán Martín¹ y Luis Vaz²

¹Desarrollo Agrícola y Minero, S.A. Camino Enmedio, 120, Zaragoza, 50013, España (emartin@daymsa.com)

²Jovagro S.A. Zona Industrial Da Taboeira, Aveiro, 3132, Portugal (luisvaz@jovagro.pt)

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la influencia de aplicaciones de un producto a base de microorganismos sobre el rendimiento de una finca de olivar variedad Arbequina en marco de plantación super-intensivo (SHD). El producto aplicado (EnerPlus) está compuesto por una cepa exclusiva de bacterias *Pseudomonas fluorescens* que ayuda a solubilizar los nutrientes del suelo y ponerlos a disposición del cultivo para mejorar su rendimiento.

La variedad Arbequina se ha distinguido por su temprana recolección, por la calidad de sus aceites afrutados y por los precios de los mismos, al ser los primeros en salir al mercado.

El tratamiento con EnerPlus, ayudó a alcanzar antes la maduración y aumentar el nivel de grasa sobre materia seca para anticipar la recolección.

Metodología

El estudio se realizó en el sur de Portugal en una finca productora de olivar cerca de Beja.

El diseño del ensayo fue de bloques al azar con cuatro réplicas por tesis.

Las tesis a comparar fueron parcelas dónde no se aplicaron microorganismos versus parcelas dónde se realizaron dos aplicaciones vía fertirrigación de EnerPlus a la dosis de 1kg/ha, siendo la aplicación de EnerPlus la única diferencia entre ambas tesis. Las aplicaciones se realizaron después del cuajado del fruto (24 julio 2020) y en la madurez (un mes después).

Desde dos meses antes de cosecha se tomaron muestras semanales de frutos para determinar la influencia del tratamiento sobre la maduración y calidad del fruto (de octubre a noviembre). Por cada muestra se cogieron frutos de varios árboles dentro de la réplica hasta recolectar 1 kg.

Conclusiones

Las parcela de olivos tratadas con **dos aplicaciones de EnerPlus** a la dosis de 1kg/ha **mostraron mayor grasa total y un incremento de grasa sobre materia seca** con respecto a las parcelas control. Este aumento se observa semanas antes de la recolección, demostrando así un adelanto de la maduración de los frutos. En base a estos resultados las aplicaciones de EnerPlus ayudarían al manejo de fincas grandes de variedad Arbequina **permitiendo adelantar la maduración** de algunas parcelas y realizar así una **recolección escalonada**.

Sobre los frutos cosechados, se midió un **aumento de la extractabilidad del 38%** en comparación con las parcelas control sin tratamiento de EnerPlus. Este dato respalda el aumento de grasa sobre materia seca observado en los análisis anteriores. En consecuencia, una mayor extractabilidad supone un mayor rendimiento de aceite por peso de cosecha.

Referencias

- Berg, G. (2009). Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. *Applied microbiology and biotechnology*, 84(1), 11-18.
- Antoun, H. (2012). Beneficial microorganisms for the sustainable use of phosphates in agriculture. *Procedia Engineering*, 46, 62-67.
- Souza, R. D., Ambrosini, A., & Passaglia, L. M. (2015). Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. *Genetics and molecular biology*, 38(4), 401-419.
- Sivasakthi, S., Usharani, G., & Saranraj, P. (2014). Biocontrol potentiality of plant growth promoting bacteria (PGPR)-*Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis*: A review. *African journal of agricultural research*, 9(16), 1265-1277.

Resultados

Las muestras se enviaron a analizar a un laboratorio externo para determinar el contenido en la grasa total (Gráfico 1), la grasa sobre materia seca (Gráfico 2) y la humedad (Gráfico 3).

Tras la cosecha, se midió el aceite total extraído sobre el total de aceite parcial en la primera extracción. Para ello se realizó la extracción de aceite a una temperatura constante en las instalaciones propias de la finca. Este parámetro (extractabilidad), se comparó en ambas tesis (Gráfico 4).



Gráfico 1: Resultados de contenido en grasa en muestras de fruto

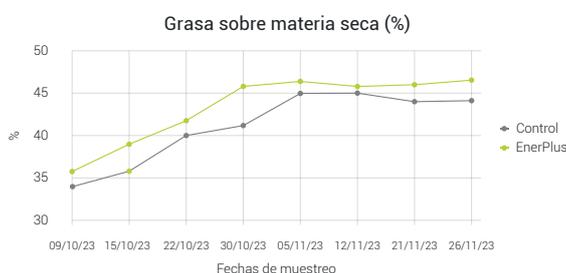


Gráfico 2: Resultados de contenido en grasa sobre materia seca (sms) en muestras de fruto



Gráfico 3: Resultados de humedad de las muestras de fruto analizadas

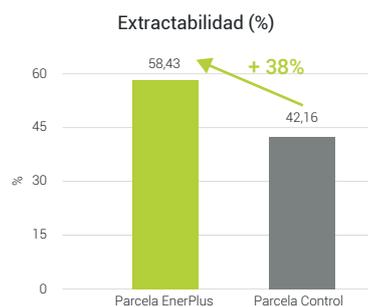


Gráfico 4: Resultados de extractabilidad de los frutos





Aforos de cosecha en tiempo real: una herramienta para la mejora de la competitividad de las empresas frutícolas

David Francés

AGERPIX (Soria-España)



Introducción

La mano es en la actualidad el insumo que supone un mayor coste en las explotaciones de fruta dulce. En especies como el melocotonero o el cerezo representa más del 50% del coste total de producción. Su coste a precios corrientes se ha incrementado en un 180% en el período 2002-2020. Además, su disponibilidad es cada vez más incierta y su baja cualificación requiere tareas fáciles de entender y de ejecutar.

Además, los clientes de las empresas productoras requieren en sus contratos una certeza cada vez mayor de las producciones reales antes de la recolección para poder planificar mejor sus ventas. Ante este panorama una gestión eficiente de la misma pasa por planificar sus necesidades a lo largo de la estación, en particular para la recolección, el aclareo y la poda. En el aclareo, conocer el número de frutos a eliminar para ajustar la carga a la óptima es clave para optimizar la calidad en particular en melocotonero, ciruelo o albaricoquero. Pero también lo es para conocer las necesidades reales de mano de obra y prever las contrataciones. Para la recolección, disponer de aforos de cosecha antes de la misma con un elevado grado de certeza y hacerlo de forma fácil y a bajo coste es clave para prever la necesidad diaria, mensual y estacional de mano de obra. Además, esta previsión de cosecha es en la actualidad del todo necesaria para conocer las necesidades de almacenamiento en cámaras frías y la disponibilidad de cara a los clientes para poder planificar las ventas. En el presente artículo se describe una alternativa real puesta a punto los últimos años por la empresa AGERPIX. Se trata de una nueva herramienta denominada OnFruit 360 creada y diseñada para la toma de decisiones al servicio de las empresas frutícolas. Basada en redes neuronales, permite realizar aforos de cosecha a partir del estadio de frutos cuajados, en tiempo real y a bajo coste. Las características y prestaciones de esta nueva tecnología se describen a continuación.

Plantación frutícola.



«Agerpix nace con el objetivo de generar datos de valor para la toma de decisiones»

Agerpix, soluciones de información

Las empresas agrícolas se han habituado a trabajar con grandes niveles de incertidumbre, donde los diferentes departamentos toman en cada campaña importantes decisiones basándose en predicciones inexactas de cosecha y de fruto.

Esta falta de disposición de datos acertados sobre las extensiones, está produciendo grandes pérdidas económicas y de tiempo en las empresas agrícolas. Se estima que esta falta de precisión es hasta el 40% de desviación respecto a la recogida real general que repercute en costos, acuerdos de venta, gestión de RRHH, etc. Además, la falta de gestión y sobreexplotación de recursos compromete la sostenibilidad del planeta y acelera el cambio climático, por el uso excesivo de fitosanitarios y recursos hídricos. Agerpix transforma la información del campo en

«Tecnología e Innovación con un 95% de precisión para mejorar la rentabilidad, calidad y sostenibilidad de las plantaciones hasta 2 meses antes de la cosecha»

conocimiento de valor para mejorar los resultados y beneficios de las actividades agrícolas evitando en torno al 40% desviaciones dentro del sector.

David Francés, CEO de Agerpix, detectó la necesidad de ofrecer soluciones en los aforos del sector agrícola implementando innovación y tecnología para mejorar los procesos y la toma de decisiones. Así, comenzaron a hacer pilotos en grandes extensiones hasta conseguir un mínimo producto viable.

De esta manera, Agerpix nace en 2019 como empresa especializada en el ámbito de la agricultura de precisión y con el principal objetivo de ayudar a las empresas agrícolas a mejorar la rentabilidad, producción y calidad de sus cultivos, minimizando la incertidumbre en la toma de decisiones empresariales. Todo ello, gracias a contar con información real, precisa y periódica mediante sistemas de recogida automática y procesamiento de datos diseñado por Agerpix.

Para dar solución a esta falta de precisión ha liderado el proyecto con un equipo de especialistas multidisciplinar: expertos en ingeniería agronómica, informática, electrónica, ingenierías de montes, topógrafos o forestales, que trabaja con las últimas tecnologías para conseguir una óptima tecnificación del campo. La sinergia entre los expertos y tecnologías como Big Data, Inteligencia Artificial y Machine Learning, permite obtener datos con la máxima precisión para transformarlos en conocimiento clave para la toma de decisiones anticipada. Esta precisión llega a contabilizar las frutas ocultas detrás de las hojas, partiendo de la base de que las frutas visibles son proporcionales a las que no se ven. A través del análisis de estos datos se obtiene una precisión final del 95%.

Además, uno de los objetivos de Agerpix es hacer frente a otro problema real de la agricultura, como es el cambio climático. Según la FAO, la agricultura y el uso de las tierras de cultivo es responsable de más del 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero y del consumo del 70 % de agua a nivel mundial. Por ello, para hacer frente a este problema, como parte de su firme política de responsabilidad social corporativa, Agerpix diseña una agricultura del conocimiento. El control y relación de estos datos infiere en un uso eficiente y acertado de los recursos, reduciendo emisiones de fitosanitarios, uso de recursos hídricos, abonos, etc., favoreciendo todo ello a la sostenibilidad y calidad de los cultivos, las empresas y el planeta.



OnFruit 360: sensor plug&play, rápido y fácil de instalar, operable por el fruticultor en un vehículo de su flota (tractor u otro).



Imagen de la plataforma y aplicación en línea.



Imagen de la plataforma y aplicación en línea.



Imagen de identificación de la fruta.



Tractor equipado con el equipo OnFruit 360 de Agerpix captador de imágenes para el aforo de cosecha, al mismo tiempo que realiza el tratamiento fitosanitario en plantación de manzano.

OnFruit 360 un sistema de diálogo continuo con la planta para tomar decisiones en tiempo real

Desde Agerpix democratizan la tecnología para aumentar la provisión de datos dentro del sector agrícola a través del sistema OnFruit 360. En estos momentos pone foco en plantaciones de manzana, con múltiples variedades como Envi, Fuji o Golden, entre otras, y son precursores en plantaciones de fruta de hueso, tropicales, cítricos y uva de mesa.

OnFruit 360: sensor plug&play, rápido y fácil de instalar, operable por el fruticultor en un vehículo de su flota (tractor u otro). OnFruit 360 contabiliza la fruta en el árbol permitiendo conocer la cantidad de frutos en las plantaciones con un 95% de precisión. Esto se consigue, a partir de los datos recogidos con una serie de cámaras, sensores, algoritmos de detección y redes neuronales que cartografían las plantaciones para extraer datos útiles como la producción, producción por línea, índice de vigor, etc. Para esto el proceso de trabajo comienza en el campo. Se recorren las plantaciones calle a calle con un sensor plug&play (tecnología que permite a un dispositivo informático ser conectado a un ordenador sin tener que configurar), rápido y fácil de instalar, operable por el fruticultor en un vehículo de su flota (tractor u otro). A medida que este pasa por la finca se fotografía toda la superficie de la plantación. Los datos son recopilados, durante el día y/o la noche, a medida que se realizan otras tareas en la plantación como los tratamientos nutricionales, sanitarios, etc. Una vez finalizado el recorrido, la información obtenida mediante los algoritmos de visión artificial y georeferenciando de cada fruto, son remitidos al centro de procesado para su análisis e inclusión en la plataforma de datos privada donde se dispone de una dinámica de datos y de valor de los cultivos, para anticipar la toma de decisiones de manera óptima y mejorar así los resultados.

Todo ello, está disponible en una app (Android e iOS) y una plataforma web propia, accesible en cualquier dispositivo móvil con conexión a internet que facilita la usabilidad, accesibilidad y la visión en tiempo real. Así, desde un panel de información se visualizan y comparan: objetivos a corto, medio o largo plazo, la curva de cultivo para detectar problemas y anticipar soluciones.

¿Por qué es necesario gestionar de manera óptima y adecuada la información en el campo?

El sistema OnFruit 360 permite disponer de toda la información a lo largo del ciclo de cultivo para realizar interpretaciones recurrentes de los aforados, pudiendo tomar decisiones más precisas, certeras y con rapidez, entre 1-2 días desde la recepción de los datos.

Contar con la información de la cantidad de fruto, el vigor de la planta y la frondosidad por parcelas posibilita un mejor manejo de cada área de la plantación. Además, el uso continuado de la plataforma facilita datos de la evolución de las parcelas, a lo largo de los años, permitiendo conocer tendencias y anticipar decisiones futuras.

Las ventajas de tener al alcance esta información puede ser aplicado en diferentes áreas o departamentos, como: recursos humanos, ventas, logística, etc.

Por ejemplo, entrando en detalle en cada área, disponer de los detalles de la planta da la oportunidad de optimizar los insumos, determinando con exactitud la cantidad de riegos, abonos y fitosanitarios que se deben aplicar, mejorando así la calidad del fruto, ajustando los gastos de la empresa y generando menos residuos. Además, en el área de recursos humanos conociendo la evolución de cada parcela se puede adecuar el número de personal de campo, la recolección, el cosechado y anticipar la contratación. Respecto, a la cantidad de fruto ayuda a definir una estrategia de ventas con mayor seguridad y fiabilidad para los clientes; incluso establecer una previsión más clara de la logística, repercutiendo en datos positivos en la previsión de las cámaras frigoríficas, packaging, flota y expediciones dando una mayor calidad a las frutas que se distribuirán a tiempo y en perfecto estado. Evitando así, el sobredimensionamiento del stock de materiales de producción y recolección.

Esta precisión para tomar decisiones no solo permite ahorrar, sino aumentar la producción y calidad de las plantaciones. Los beneficios de la optimización de procesos en la industria alimentaria, tanto de producción, contables, de almacenamiento hasta logística, hace que Agerpix y su sistema OnFruit 360 sea un servicio imprescindible para la mejora continua de la cuenta de resultados de una empresa.

Según Juan Carlos Miranda (Director de Explotación Finca La Rasa - Grupo NUFRI de España), confirma que con los sistemas de Agerpix durante el mes de junio ya conocía con exactitud qué parcela era la primera que tenía que aclarear, permitiéndole un mejor desarrollo del fruto.

Próximos pasos de Agerpix para la innovación de la agricultura de precisión

Hoy por hoy, el sistema OnFruit 360 ayuda a tener un constante diálogo con la planta para conocer información en tiempo real y mejorar los recursos. No obstante, en los próximos años, según David Francés (CEO), continuarán creciendo en capital humano para desarrollar productos y servicios de información que ayuden a mitigar los problemas dentro del sector agrícola. Todo ello, con el objetivo de democratizar la agricultura de precisión a nivel mundial, y operar más allá de los ocho países en los que tienen presencia actualmente; y acercando la información a otras especies del sector frutícola, afinando más los algoritmos y posición de las cámaras.

Equipo de Agerpix



Digitalización y big data en el sector de los cultivos de alto valor: Sostenibilidad, rentabilidad y salud

Fede Pérez

Pulverizadores FEDE (España)

Introducción

El sector agroalimentario está experimentado en los últimos años cambios sin precedentes. Nos encontramos ante un escenario de incremento constante de la población mundial con la consecuente necesidad de producir más alimentos, pero con una menor disponibilidad de suelo agrícola y bajo la amenaza de la emergencia climática. A su vez, la producción presente y futura de alimentos deberá ser más sostenible, para alcanzar la meta propuesta por la Unión Europea y por España de neutralidad en las emisiones de gases de efecto invernadero en el Horizonte 2050.

Y todo ello con el requisito de la rentabilidad de los agricultores y empresas agrícolas, sin los cuales no existe ni cadena de valor, ni alimentos, ni territorio. Considerando el proceso productivo de la fruta dulce, uno de los inputs de mayor impacto sobre los costes de producción son los productos fitosanitarios aplicados para el control de plagas y enfermedades. De hecho, estos suponen alrededor del 65% del pack fertilizantes, herbicidas y maquinaria o un 15% del coste total de producción.

La experiencia en frutales de las últimas décadas ilustra nítidamente cómo es posible, cambiando la arquitectura de la copa del árbol e innovando en los equipos de pulverización, reducir la deriva en más del 50%.

Ante el reto impuesto por la UE en su estrategia “de la granja a la mesa” de reducción drástica de productos fitosanitarios, la combinación de sistemas de formación bidimensionales con copas accesibles a los tratamientos, máquinas y personas, unido a la mejora tecnológica de los equipos de pulverización serán claves y necesarios para alcanzar los objetivos propuestos.

En el presente artículo se describe la hoja de ruta de la producción de alimentos, los requerimientos impuestos por la Unión Europea en el marco del Green Deal, los requerimientos de los productores y de la sociedad, el procesamiento de datos y la innovación tecnológica en equipos de tratamientos fitosanitarios, todo al servicio de la protección ambiental y de los consumidores.

La hoja de ruta

La hoja de ruta de la próxima década en la agricultura está marcada por el Green Deal. Tras la crisis sanitaria de la covid-19, la estrategia de la Unión Europea pone el foco en el concepto “One Health”, el cual engloba la relación determinante entre medio ambiente, animales y personas como un todo en equilibrio.

La **agricultura**, como actividad básica, primordial y transversal, se enfrenta al doble reto de incrementar la producción para alimentar a una población mundial creciente, la cual alcanzará 9.7 billones en 2050, y a su vez **reducir drásticamente la utilización de recursos**. De este modo, con la perspectiva “De la granja a la mesa. Nuestra comida, nuestra salud, nuestro planeta, nuestro futuro” promovida por la UE, la agricultura acelerará su **transformación digital y transición del modelo productivo**.

El **sector agrícola** implementará los **avances más punteros del mundo de las telecomunicaciones** (Inteligencia Artificial, GPS, métodos de predicción...).

Así, el campo se caracterizará de forma unitaria por la **precisión, eficiencia y control** requeridos para conseguir los objetivos de una **agricultura sostenible** que reduzca su impacto ambiental siendo una **actividad rentable para el sector** y que proporcione los **alimentos saludables** necesarios a precios asequibles para la sociedad.

Reducción del 50% del uso de pesticidas

Los pesticidas utilizados en la agricultura contribuyen a la polución de suelo, agua y aire. Asimismo, tienen una gran repercusión directa en los costes de las empresas agrícolas y en la inocuidad de los alimentos. Por ello, la meta del Green Deal para 2030 es la **reducción del uso de pesticidas en un 50%**.

Pulverizadores Fede, referente internacional en **protección de cultivos de alto valor** (cítricos, frutales, viña, olivo, almendro...) encabeza las reducciones en uso de pesticidas ya que con la **tecnología H3O** incorporada por los atomizadores y nebulizadores ya consigue **disminuciones de hasta el 25%**. Esta reducción, además de reducir el impacto ambiental de la pulverización, **protege la biodiversidad** ya que permite realizar tratamientos que **respetan la vida de las abejas**, un valor indispensable y fundamental de la agricultura que se encuentra en grave peligro.

A la reducción del uso de pesticidas se suma la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero derivados de la **reducción de hasta 4l/h en el uso de combustible** y la eficiencia del trabajo en relación a horas de tratamientos y optimización de los mismos para evitar repeticiones.

En este sentido, los resultados de los ensayos con la **tecnología H3O** en plantaciones de **Viñas del Vero** realizados en el marco del **proyecto LIFE-F3**, del prestigioso programa LIFE de la UE, confirman un **ahorro del 30% en el coste de los tratamientos**. Este **importante ahorro se basa en la eficiencia** ya que se debe tanto a la **reducción de la cantidad de producto fitosanitario** aplicado en los tratamientos como al **incremento de rendimiento del trabajo en un 17%**.

Los desarrollos actuales de Pulverizadores Fede están enfocados a la consecución de la **reducción del 50% en el uso de pesticidas** para cumplir con los exigentes objetivos del Green Deal, así como impulsar los logros en el contexto de los **Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU**, en los cuales la **tecnología H3O** se enmarca dentro de los **medios de producción sostenibles** avalados por el Sello Efficient Solution.

Exigencia del consumidor consciente

Los consumidores han tomado conciencia tanto del **medio ambiente** como del **valor de la inocuidad de los alimentos**. Por ello, demandan saber para **escoger las frutas y verduras que se han cultivado de manera sostenible**, que cumplen con todas las **garantías de seguridad agroalimentaria** y que pueden adquirir a un **precio asequible**.

Para dar respuesta a esta demanda del consumidor, las soluciones de Pulverizadores Fede proporcionan **trazabilidad real de los tratamientos** realizados con información detallada y exacta. De este modo, los productores que trabajan con la tecnología H3O ya rentabilizan dicha trazabilidad como **garantía de seguridad alimentaria** y respeto al medio ambiente, teniendo la opción de facilitar dicha información a las cadenas de distribución y pudiendo ponerla también a disposición del consumidor final.



Sostenibilidad rentable como nuevo modelo de negocio de la agricultura

Las soluciones tecnológicas de Pulverizadores Fede engloban tanto los **avanzados equipos de protección de cultivos de alto valor** como la Specialty Crops Platform (SCP) y el dispositivo SCG (Specialty Crops Gateway), herramientas digitales de gestión agronómica.

Dichas soluciones facilitan una **completa transformación digital del campo**: planificación, configuración de órdenes de trabajo y su ejecución. Asimismo, toda la información del campo queda recopilada y almacenada para su posterior análisis, por lo que permite **tomar mejores decisiones tanto agronómicas como empresariales basadas en datos**.

Actualmente, **importantes plantaciones de cultivos de alto valor y líderes en producción sostenible a nivel mundial** ya han adoptado la tecnología H3O de Pulverizadores Fede, como por ejemplo Frutas Bollo, Llusar, Lucato, Bodegas González Byass, Bodegas Matarromera, entre otras.

Big data: el valor económico y agronómico de los datos propios

Los datos recogidos en campo, su integración y cruce con otra información relevante son el **multiplicador de la utilidad y beneficio de las tecnologías digitales de precisión**. El concepto **big data** es el que define el **valor de los datos para las empresas agrícolas**, gracias a los cuales tienen la capacidad de **tomar decisiones agronómicas y de gestión certeras** basadas en la información de su trabajo en campo y de las necesidades reales de sus cultivos.

El análisis de estos datos, recogidos durante el trabajo en campo en combinación con los relativos al estado de las plantaciones y las previsiones meteorológicas, facilitarán la **anticipación en la toma de decisiones críticas y una gestión transversal de los aspectos agronómicos** que tendrán su reflejo en el incremento de la rentabilidad de las empresas agrícolas.



La agricultura en constante cambio y evolución

Kathryn Van Weerdhuizen

Directora de mercados globales, Grupo PloegerOxbo

En las próximas dos décadas, esperamos ver más automatización, cierto nivel de robótica en el campo, mayor productividad (tanto del equipo como de la producción), así como tecnología que aumente el conocimiento del producto, la trazabilidad de este, su seguridad final y la reducción del impacto ambiental. Creemos que a medida que la tecnología continúe mejorando, veremos más equipos “inteligentes”: equipos que ajustan la configuración en función del rendimiento, las condiciones o la calidad del producto.

También creemos que habrá una mayor presencia de cosechadoras y plataformas autónomas y semiautónomas en la agricultura. Además, predecimos que la mecanización se volverá más asequible y, por lo tanto, más frecuente para los cultivos desafiantes, cosechados manualmente y los procesos de cultivo manuales.

Con esto en mente, Oxbo continúa hablando con productores y clientes para desarrollar y hacer un prototipo de las soluciones que necesitaremos en el futuro. Escuchamos a nuestros clientes y utilizamos su feedback y sus demandas para expandir nuestros productos con el fin de cubrir mejor sus necesidades cambiantes. En la actualidad hacemos que nuestras tecnologías sean fáciles de usar y sólidas para su aplicación en el campo, pero también nos centramos en pantallas de diagnóstico fácil y mensajes de error y seguridad fáciles de entender, así como controles fáciles de ajustar.

Adaptamos el desarrollo de nuevas tecnologías para ayudar a que nuestros clientes consigan ingresos adicionales con sus operaciones. Entendemos que el tiempo de actividad, la retención de cosecha, la calidad de esta y su retirada son claves para la rentabilidad del cliente; por lo tanto, centramos nuestros esfuerzos en una tecnología que dé soporte a nuestros clientes en esas áreas.

También diseñamos nuestro equipamiento para que pueda ser personalizado — ¡no todas las regiones, campos y clientes son iguales!

«Como compañía nos centramos en la sostenibilidad.»



Kathryn Van Weerdhuizen,
directora de mercados globales
del Grupo PoerberOxbo.



«Los sistemas en seto o SHD continuarán creciendo en sus cultivos actuales, y también se expandirán a nuevos tipos de cultivos durante las próximas dos décadas.»

«Los productores pueden continuar acudiendo a Oxbo para un desarrollo de productos adicionales en esas áreas»

Nuestro producto

Tenemos iniciativas en todo el mundo para mejorar nuestra sostenibilidad, en nuestras operaciones y actividades de fabricación, pero también en el diseño de nuestro equipamiento. Nuestro equipamiento está diseñado con ECOMode, del que se ha demostrado que reduce el consumo de combustible hasta en un 40%.

Como industria, los cultivos en seto o SHD se prestan bien para iniciativas de sostenibilidad. En los almendros, por ejemplo, se mejora la reducción de polvo y la seguridad alimentaria cuando las almendras se cosechan usando métodos de vibración y recolección. Las plantaciones en seto/SHD también suelen utilizar menos insumos produciendo un mayor tonelaje por acre que las plantaciones convencionales.

Con estos objetivos en mente, **Oxbo diseña sus cosechadoras con el túnel de recolección más ancho para permitir a nuestros clientes podar sus setos más anchos, lo que a su vez permite que el árbol produzca mayores volúmenes de cosecha por hectárea** — esto puede aumentar los esfuerzos de sostenibilidad y contribuir a los objetivos de eficiencia. Nuestro diseño de cabezal basculante reduce la pérdida del producto por delante y por detrás de la cosechadora.

Para una cosecha eficiente en hileras largas con cosechas de elevado tonelaje, las cosechadoras de Oxbo utilizan una cinta transportadora sobre hilera. En algunos cultivos, la cinta transportadora y un contenedor de reciclaje pueden proporcionar una producción continua — sin paradas para descargar y sin esperar un tractor con un contenedor vacío.

Continuamos desarrollando nuestros productos para aumentar la eficiencia de las cosechas, retirando totalmente el cultivo sin dañar el árbol, pero también para mejorar la calidad del producto. Proporcionar un producto limpio puede hacer que descendan las eficiencias de optimización para nuestros clientes (como una producción incrementada en el funcionamiento de la planta).

Los productores pueden continuar acudiendo a Oxbo para un desarrollo de productos adicionales en esas áreas.

Soluciones que impulsa Oxbo

Sistema YieldTracker

Los datos continuarán impulsando la agricultura y la toma de decisiones en la agricultura. Oxbo ya ofrece varias soluciones para aumentar los datos útiles y prácticos en la huerta. Durante varios años, Oxbo ha ofrecido el sistema único YieldTracker.

Este sistema permite que el cliente cree mapas variables de producción de la huerta mientras cosecha; los datos pueden compartirse en tiempo real mediante almacenamiento en la nube, pero pueden utilizarse también en profundidad mediante un sólido programa de software SMS o exportarlos a un proveedor de servicios agrícolas (producto AgLeader).



En combinación con la tierra, el agua y la aplicación de datos, los datos de producción pueden impulsar la toma de decisiones prácticas en la industria y utilizarse para ajustar las prácticas agrícolas. Al utilizar la plataforma AgLeader, YieldTracker de Oxbo puede usarse en varios equipos que operen en el mismo campo. **Oxbo está trabajando con los clientes para idear prototipos de nuevas soluciones diseñadas con el fin de recoger otras métricas sobre calidad y cosecha del flujo de fruta o frutos secos. Los productores podrán ver estas nuevas soluciones en el corto plazo.**

Sistema FleetCommand

Oxbo también ofrece el sistema FleetCommand, que permite la gestión fácil de flotas. La configuración actual del equipo, ubicación, datos de rendimiento y eficiencia e informes personalizables están disponibles en una interfaz de usuario sencilla desde un teléfono, tableta u ordenador. El sistema facilita que el encargado vea el rendimiento y la configuración en toda una flota de cosechadoras e incluso que diagnostique y resuelva errores sencillos de forma remota — los mensajes y códigos de error también pueden ayudar en la asistencia de servicios remotos. Además, el sistema proporciona indicaciones detalladas para encontrar el equipamiento en el campo.

En un futuro, los datos serán cada vez más importantes para los productores y las organizaciones integradas verticalmente. Como la cosechadora es el primer equipo en manejar el producto final, tiene una posición única para ayudar a los clientes a abordar la trazabilidad y la seguridad alimentaria mediante datos que pueden ser y serán recogidos a bordo. Como ya se dijo, tecnologías como FleetCommand pueden suministrar la eficiencia del equipamiento, uso de combustible y tiempo de actividad, que a su vez pueden gestionarse remotamente y utilizarse para incrementar la productividad de la plantación.

Además, estos datos pueden utilizarse temporada tras temporada para entender las tendencias de rendimiento y las mejoras.

Conclusión

Próximamente continuaremos trabajando para proporcionar a los clientes datos adicionales sobre calidad del producto, que pueden combinarse con datos de producción o utilizarse para tomar decisiones sobre recogidas de cosechas y agricultura.

Oxbo sigue ilusionado con el futuro de la agricultura y, más concretamente, con el futuro de los cultivos especializados. Nuestro equipo continúa impulsando el desarrollo en las áreas más prometedoras en cuanto a la aportación de mayor valor para nuestra base de clientes.

«Diseñamos las cosechadoras con el túnel de recolección más ancho para permitir a nuestros clientes podar sus setos más anchos»



Agricultura Digital.

El camino hacia la agricultura sostenible

Feli Bórnez

—
Márketing estratégico, Regaber.

«La agricultura digital, a través de la aplicación de las nuevas tecnologías, es la herramienta que aportará un mayor salto cualitativo en los próximos años»

Introducción

La agricultura es el principal motor de desarrollo económico y social a nivel mundial. Sin agricultura no hay desarrollo y ahora más que nunca se le está exigiendo un nivel de productividad y excelencia comparable al de las industrias más avanzadas. La cuestión no recae simplemente en incrementar la productividad de los cultivos sino en comer de manera más saludable, producir de forma más eficiente y sostenible y en proteger la biodiversidad del medio que nos rodea. Una de las maneras de garantizar la consecución de estos objetivos es a través de la democratización del conocimiento y buenas prácticas, permitiendo que este aumento de productividad y sostenibilidad se produzca a escala global.

Desde Regaber consideramos que la agricultura digital, a través de la aplicación de las nuevas tecnologías, es la herramienta que aportará un mayor salto cualitativo en relación a otras alternativas en los próximos años.

La cuestión no recae simplemente en incrementar la productividad de los cultivos sino en comer de manera más saludable, producir de forma más eficiente y sostenible y en proteger la biodiversidad del medio que nos rodea.

Una de las maneras de garantizar la consecución de estos objetivos es a través de la democratización del conocimiento y buenas prácticas, permitiendo que este aumento de productividad y sostenibilidad se produzca a escala global.

Desde Regaber consideramos que la agricultura digital, a través de la aplicación de las nuevas tecnologías, es la herramienta que aportará un mayor salto cualitativo en relación a otras alternativas en los próximos años.

La tecnología

La única forma de obtener una agricultura altamente productiva y sostenible es a través de su digitalización, interrelacionando información del medio y cultivo y actuando sobre la maquinaria y recursos. En este sentido, desde Regaber pensamos que cualquier solución tecnológica duradera y que quiera generar un impacto positivo y diferencial en los agricultores y en la sociedad deberá cumplir con los siguientes tres criterios:

1. Diseño centrado en el usuario

La digitalización de la agricultura debe colocar al agricultor en el centro y ser capaz de solucionar sus problemas. Esto a su vez solo es posible si el cambio es liderado por empresas con un claro liderazgo en el sector que entiendan y conozcan las necesidades del agricultor.

2. Solución integradora

Desde Regaber creemos que para obtener el máximo partido de cada una de las soluciones digitales se debe ofrecer al agricultor una solución integradora, que interrelacione los datos de las diferentes tecnologías, los convierta en información que facilite, o incluso automatice, la toma de decisiones y que posteriormente aplique las soluciones al campo.

3. Aporte de valor al agricultor

Actualmente, y desde hace varios años, el ritmo de aparición de nuevas tecnologías vinculadas a la agricultura ha crecido exponencialmente. Muchas de ellas ya se han posicionado como realmente útiles para el agricultor (por ejemplo, sondas de humedad o conductividad), pero otras aún son inmaduras y los beneficios que aportan al agricultor todavía no están bien cuantificados (por ejemplo, análisis de imágenes hiperespectrales).

Es por ello que es clave la identificación de aquellas tecnologías que por su punto de madurez o potencial ofrezcan un claro beneficio para el agricultor. La figura inferior, sin pretender ser un análisis exhaustivo de las tecnologías existentes, recoge de manera gráfica el punto de madurez vs la expectativa generada por las diferentes tecnologías.

El BIG DATA en la agricultura

Antes de pensar en el análisis de grandes bases de datos que nos permitan la toma de decisiones, es necesario hacer frente al principal reto del Big Data: la recolección de datos con una frecuencia, fiabilidad, veracidad, tamaño y volumen adecuados. Para ello se necesita:

Tecnología que pueda recopilar y procesar datos (siendo fundamental la instalación de elementos que permitan la recolección fiable y precisa de datos de campo),

Base de datos con los datos almacenados y ordenados de una manera determinada, y Algoritmos que puedan convertir los datos obtenidos en información que permita la toma de decisiones para acelerar la producción, procesamiento y distribución de alimentos.

Finalmente, una vez esta tecnología alcance su punto de madurez, contribuirá a incrementar la productividad incluso en cultivos muy maduros, como el arroz o el maíz, en los que en la actualidad ya se han estado consiguiendo productividades muy altas, impensables años atrás.

El Big Data mejorará notablemente los actuales modelos de estimación de riesgos, permitirá proyectar producciones en base a datos históricos o predecir plagas y enfermedades. Muchos de estos modelos ya existen, pero aún veremos en los próximos años muchos avances y mejoras.

Conclusión

La agricultura digital ha venido para quedarse y está generando nuevos modelos de negocio en un mercado en expansión. La agricultura digital transformará la agricultura ayudando a la toma de decisiones, permitiendo una gestión más precisa y eficiente de los recursos o incluso automatizando la acción a través de robots o sistemas de inteligencia artificial.

La revolución digital de la agricultura está poniendo en relieve que el hardware no lo es todo y que el hecho de integrar este hardware en sistemas que capturen y procesen la información adecuada a través de algoritmos es lo que realmente transformará el sector agrícola.

Por último, la agricultura del futuro será colaborativa o no será. Podemos afirmar que no existe ninguna empresa que disponga, al menos actualmente, de todas las capacidades necesarias para transformar la agricultura en todos sus componentes.

Debemos ser conscientes y ver como un privilegio el hecho de formar parte de esta disrupción tecnológica que nos está llevando a la agricultura del futuro.



Ciclo de madurez de nuevas tecnologías



FINANCIACIÓN 5.0

5 AÑOS AL 0% TIN
 SERIES T5 / T6 / T7 / T8 **0,46% TAE***

PAGA EN EL FUTURO
 PRIMERA CUOTA ENERO 2023

www.newhollandspain.es



NEW HOLLAND TOP SERVICE 00800 64 111 111⁽¹⁾
 ASISTENCIA E INFORMACIÓN 24/7.

⁽¹⁾ La llamada es gratuita desde teléfono fijo. Antes de llamar con tu teléfono móvil, consulta tarifas con tu operador.



FINANCIA AQUÍ



5 años 0% TIN, 0.46% TAE* con primer pago Enero 2023.

*T.A.E. 0.46%. Ejemplo basado en la financiación de 10.000 € para operación de crédito 5 cuotas anuales de 2000€. Cuotas pospagables. Comisión de apertura y gastos de estudio 1,5%. Gastos de inscripción en el Registro 0€. Además de las cuotas el cliente deberá abonar el importe derivado de la protección de equipo "Asset Protection" de 90.67€** anuales. Interés subvencionado por New Holland Agriculture. Financiación realizada por CNH Industrial Capital Europe Sucursal en España. Operación sujeta a estudio y aprobación. Oferta para operaciones solicitadas a estudio desde el 1 de septiembre hasta el 30 de diciembre de 2021 para Modelos Clave de Mercado en las gamas de T5, T5EC/DCT, T5AC, T6, T7 y T8 y ejemplo calculado con inicio de la financiación el 1 de septiembre 2021. **Importe variable según el precio del equipo financiado.

La Agricultura del siglo XXI: Producir más con menos recursos.

Manuel Gómez Carmona

Ingeniero agrónomo.
PLM de Agricultura inteligente y Nuevas tecnologías
en Naandan Jain Ibérica.

El sector primario ha cumplido siempre el cometido de alimentar a la población, una necesidad primaria y sin la cual esta moriría de inanición.

Una parte importante de la población mundial está infra alimentada, mientras que otra tiene alimento suficiente e incluso le sobra. La agricultura se enfrenta al doble reto de alimentar a la población que irá creciendo (especialmente en aquellos países donde las personas están infra alimentadas) y de hacerlo de una forma mucho más eficiente, ya que los recursos no van a crecer a la misma velocidad que la demanda de alimentos, más bien algunos de estos inputs como la tierra cultivable o el agua serán cada vez más escasos.

También la población que actualmente está bien alimentada demandará a la agricultura alimentos cada vez más sanos, producidos de forma más ecológica, más homogéneos en su apariencia y en sus características organolépticas. Resumiendo, producir más alimentos con mejores cualidades y con menos recursos.

Para enfrentarnos a este importante reto, nos debemos de dotar con herramientas con las que implementar esta labor. La toma de decisiones en la actividad agraria se ha basado normalmente en la experiencia del agricultor y/o del técnico. Si bien la experiencia es un grado, y lo que se ha hecho siempre puede ser lo correcto, a veces no lo es. Los romanos araban la tierra y hoy día la labor de arar se ha sustituido por otras labores mucho menos agresivas con la estructura del suelo, a la vez que mucho menos consumidoras de recursos.

La toma de decisiones en la agricultura al igual que en cualquier actividad económica debe basarse en la recopilación de datos y análisis de estos, y aquí es donde entra la **Agricultura Inteligente** (traducción al castellano de Smart Agriculture), que es una agricultura que partiendo de datos obtenidos de numerosas fuentes intenta que la toma de decisiones en la actividad agraria sea lo más eficiente y eficaz posible.

La idea de este artículo es tratar de forma general, alguna de estas fuentes de datos, que se obtienen con diferentes herramientas de tres entornos muy a tener en cuenta en la actividad agraria: el clima, el suelo y la propia planta.

Evidentemente, los datos desnudos no nos dan en la mayoría de los casos una información muy útil. Es necesario interpretarlos y a partir de ellos, tomar las decisiones más correctas. Para ello, el técnico o agricultor puede estudiar estos datos y sacar las conclusiones pertinentes. Pero los datos cada vez son más voluminosos y frecuentes, por lo que la interpretación es tediosa. Gracias al Big Data (acumulación de datos que se van procesando) y a los potentes ordenadores existentes, se desarrollan complejos algoritmos que tratan estos datos para dar recomendaciones al agricultor o al técnico mucho más precisas. Incluso usando técnicas de Inteligencia Artificial (IA), los algoritmos “aprenden” de sus decisiones o recomendaciones y van mejorando, aplicando el método de ensayo error.

Datos procedentes de sensores

Existen diferentes sensores que registran datos y que conectados a registradores de datos (*data loggers* en inglés), los guardan y pueden enviarlos a un servidor. Los datos en los servidores (la nube o el *cloud*) se almacenan y procesan. De esta forma, el usuario puede ver los datos y las recomendaciones basadas en el tratamiento de estos desde cualquier dispositivo con acceso a internet (ordenador, Tablet o móvil).

La calidad de los sensores y la localización de estos es fundamental para que los datos sean fiables. También es importante que sean robustos (van a estar localizados en el campo), con un mantenimiento mínimo y a ser posible, que este pueda realizarlo personal no especializado.

Datos climáticos

Las plantas son organismos vivos muy influenciados por su entorno exterior. El clima en el que se desarrolla la planta influirá en su actividad, condicionando de forma directa la cantidad y calidad de la cosecha, y antes de esta, el desarrollo de la planta.

Los datos climáticos que nos interesa conocer son: temperatura y humedad del aire, velocidad y dirección del viento, pluviometría y radiación solar y/o radiación PAR.

Partiendo de estos datos climáticos podemos obtener la evapotranspiración, usando cualquiera de las fórmulas que calculan la misma a partir de dichos datos climáticos.

Como consejos a tener en cuenta:

- » Los sensores de temperatura y humedad deben de estar protegidos con una carcasa ventilada, si no es así los datos tendrán una distorsión muy importante.
- » Los sensores de radiación llevan siempre una cúpula de cristal en forma de semiesfera. Dicha protección debe ser limpiada regularmente.
- » Las estaciones meteorológicas deben de localizarse en lugares sin sombras y que reciban los vientos de todas las direcciones. Normalmente se ponen en lugares altos, pero es recomendable dotarlas de algún sistema que haga fácil acceder a ellas, ya que tendremos que hacer labores de limpieza y mantenimiento de los sensores de forma regular.

Por último, la predicción meteorológica es muy importante a tener en cuenta para la toma de decisiones. Existen numerosas fuentes donde podemos consultarla y hoy en día las predicciones a dos tres días son muy precisas.

Sensor de potencial hídrico sin agua.



Dataloger localizado en invernadero.



Dataloger en campo abierto.



Datos del suelo

El suelo es usado por la planta para obtener el agua y las sales necesarias para su desarrollo. Obtener datos de este mediante sensores es fundamental para que la toma de decisiones de riego y fertilización sean óptimas. Los análisis de suelo donde obtenemos datos como la textura, composición química (iones y cationes de elementos que nos interesa conocer), materia orgánica, CE, PH... Algunos de estos datos no varían de forma importante, pero existen tres que nos interesa monitorizar su valor ya que es muy variable a lo largo del tiempo: humedad del suelo, conductividad eléctrica y temperatura del suelo. Para ello existen varios tipos de sensores:

Sensores de conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (medida en $\mu\text{S}/\text{cm}$ o $\mu\text{S}/\text{m}$) nos indica que cantidad de sales hay en un medio. Estos sensores son muy precisos en un entorno líquido donde la uniformidad es muy alta. El suelo no es un medio uniforme, por lo que la medición de conductividad no es precisa como lo sería en un líquido. Cuando usemos estos sensores debemos de olvidarnos de los valores como tal, más bien nos interesa conocer la tendencia que el valor nos da a lo largo del tiempo.

Sensores de temperatura de suelo

Los sensores de conductividad suelen llevar incluido un sensor de temperatura (mide en $^{\circ}\text{C}$) para compensar el efecto de la misma en el valor de conductividad eléctrica. Ya sea procedente del sensor de CE o procedente de un sensor de temperatura del suelo propio, el valor es muy interesante y a tener en cuenta, ya que la temperatura del suelo influye mucho en la actividad radicular y en la solubilidad de las sales que componen los abonos.

Sensores volumétricos

Miden la cantidad de agua que hay en el suelo. Para ser más precisos, el porcentaje (en % volumétrico) que el agua ocupa en el total de volumen del suelo.

Sensores de potencial hídrico o tensiómetros

Nos da la succión que tiene que ejercer la raíz para sacarle agua al suelo. Este valor dependerá de la cantidad de agua que haya en el suelo, de la textura de este y de la salinidad que tenga el entorno radicular. El potencial hídrico es el valor más fiable ya que tiene en cuenta todo lo que influye en el suelo para la toma de agua por parte de la planta. Un sensor volumétrico no tiene en cuenta ni la salinidad ni la textura del suelo.

Imaginemos un suelo con alto contenido de sales y con una textura arcillosa (Suelo A) con respecto a un suelo con baja presencia de sales y de textura arenosa (Suelo B). Si en ambos suelos obtuviéramos una medición del sensor volumétrico del 30 % de contenido en agua en suelo, en el Suelo A la planta tendría mucha más dificultad para obtener agua del suelo que en el Suelo B. Estos sensores se han visto relegados con respecto a los sensores volumétricos debido a que los tensiómetros tradicionales llevan un depósito con agua, lo que implica un mantenimiento periódico y pérdida de precisión en la medición. Hoy día existen tensiómetros secos que no tienen mantenimiento y su medición es muy precisa.

Sensor de fruto.



Dendrómetro en tronco.



Datos procedentes de la planta

Los fitosensores nos dan datos que provienen de la propia planta, por lo que el valor de estos es fundamental. Existen muchos, pero los más importantes desde el punto de vista comercial son:

Dendrómetros

Nos sirven para ver el crecimiento del tronco o tallo y para medir las micro contracciones/expansiones que el tronco/tallo sufre debido a su estado hídrico. Para apreciar dichos micro movimientos, el dendrómetro debe de ser de alta resolución y medir movimientos del orden de los micrómetros (10^{-6} m). No todos los dendrómetros son capaces de alcanzar estas resoluciones.

A parte de medir el crecimiento del tronco/tallo, parámetro muy interesante para conocer el estado de la planta. Los micro movimientos del tronco/tallo registran los movimientos circadianos motivados por la entrada de agua vía raíces y salida por los estomas. Debido a que estas entradas/salidas son asíncronas se producen estos movimientos, que son mayores cuando la planta está más estresada hídricamente. Por lo que un sensor que registre el estrés hídrico de la planta es muy interesante para manejar el riego.

Sensor de crecimiento de fruto

Poder monitorizar el crecimiento de los frutos y las contracciones que a veces se producen en los mismos debido a la falta de agua resulta de suma utilidad. wv

Sensor de temperatura de hoja

Mide la temperatura de hoja en el envés de diferentes hojas. Comparando la temperatura de la hoja con respecto a la temperatura del aire podemos conocer si la planta está transpirando o no, y cuantificar la tasa de transpiración.

El LATD (Leaf Air Temperature Difference, Diferencia de temperatura de aire y hoja, en español) es el resultado de restar la temperatura del aire de la temperatura de la hoja, cuanto mayor sea este valor más alta tasa transpirativa tiene la hoja, valores cercanos a cero o incluso negativos indican cierre estomático. Recordemos que la transpiración es un proceso que requiere energía, y parte de esta, se toma de la hoja, por lo que se baja la temperatura de esta.

Sensores de potencial hídrico de tronco

Mediante la localización de un sensor en el xilema del tronco, se puede conocer el potencial hídrico del xilema de forma continua (es la misma medición que registrábamos con los tensiómetros en el suelo pero en el xilema). Esta medición es muy interesante para conocer el estado hídrico de la planta y poder manejar el riego de forma eficiente. Como limitación, son sensores difíciles de instalar y que sólo están disponibles para cultivos leñosos.



Datos procedentes de satélites

Existen numerosos satélites orbitando alrededor de la Tierra que nos ofrecen a diario mapas de diferentes radiaciones que emiten la superficie de la Tierra. Estos mapas deben de ser interpretados para obtener de ellos datos fiables y operativos para el técnico o agricultor. El modelo de interpretación más usado es el NDVI (Normalized Difference Vegetation Index o Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada en español):

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

Donde NIR indica la radiación de Infrarrojo cercano y el RED indica la radiación de rojo visible.

Los valores de NDVI se encuentran entre -1 y 1. El índice NDVI, está directamente relacionado con la capacidad fotosintética y, por tanto, con la absorción de energía por la cobertura vegetal.

Los valores negativos representan plantas muertas o suelo donde no hay plantas, de 0 a 0.33 indica plantas enfermas, de 0.33 a 0.66 plantas aceptablemente sanas y valores de 0.66 a 1 representan plantas muy sanas. Importante es destacar que el NDVI es un indicador de la actividad fotosintética, relacionarlo con la falta de agua en la planta no siempre es correcto.

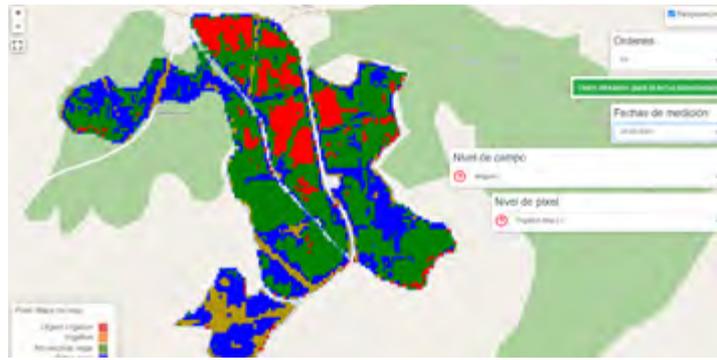
El modelo SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) desarrollado por el profesor Wim Bastiaanssen es un modelo mucho más complejo que partiendo de las imágenes satelitales calcula datos mucho más interesantes para el manejo de nuestros cultivos.

Además de las imágenes de satélite, el modelo SEBAL requiere datos meteorológicos, como la velocidad del viento, la humedad, la radiación solar y la temperatura del aire. Entre los datos que se pueden obtener a partir de este modelo están:

- » Necesidad o no de regar.
- » En caso de que sea necesario regar, cantidad de agua mínima y máxima a aplicar.
- » Apertura estomática o conductancia estomática.
- » Evapotranspiración, dividiéndolo en valor de evaporación (pérdida de agua desde la superficie del suelo o dosel vegetal) y transpiración (pérdida de agua a través de los estomas).
- » Humedad del suelo en el entorno radicular y no en la superficie del suelo como dan otros modelos.
- » Cobertura vegetal.
- » Materia seca producida cada día por la planta. Este dato es fundamental, ya que podremos saber diariamente lo que nuestra planta ha crecido. Incluso conociendo el porcentaje de agua en la planta y el índice de cosecha (ambos datos son fáciles de obtener para cualquier cultivo), podríamos conocer a diario cuánto han crecido en kg por hectáreas los frutos cosechables (naranjas, aguacates).
- » Nivel de Nitrógeno en hoja.
- » Materia orgánica en suelo.
- » Eficiencia del agua aplicada por el riego, es decir que cantidad del agua que hemos aplicado la toma la planta.
- » Y otros muchos más datos.

Resumiendo, nos enfrentamos a un reto apasionante y dotarnos de estas y otras herramientas nos hará que obtengamos el éxito. La agricultura del siglo XXI está ya aquí, el agricultor y su técnico deberán incorporar, si ya no lo han hecho, a sus herramientas el ordenador, la tableta y el teléfono inteligente, para mediante ellos tener acceso a los datos y actuar en consecuencia. Podemos obtener de ellos mucha información que nos ayudará a producir más y mejor, y si es posible con menos recursos.

Para obtener información comercial sobre los productos expuestos en este artículo no dude en contactar con nosotros en info@naandanjain.es



Imágenes satelitales de Naandan Jain.

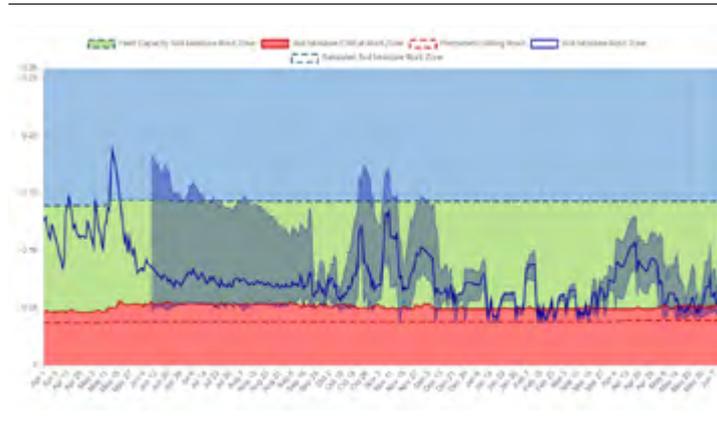
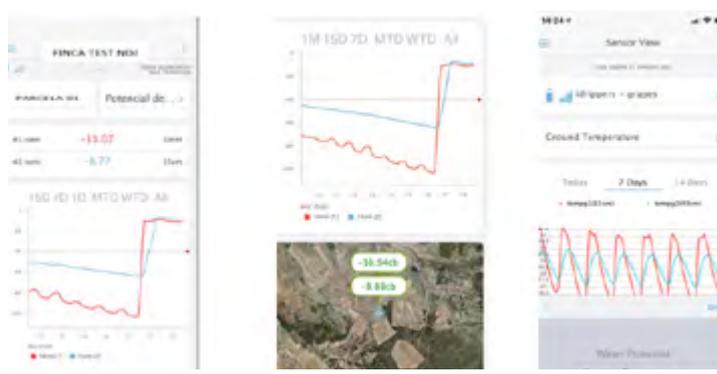


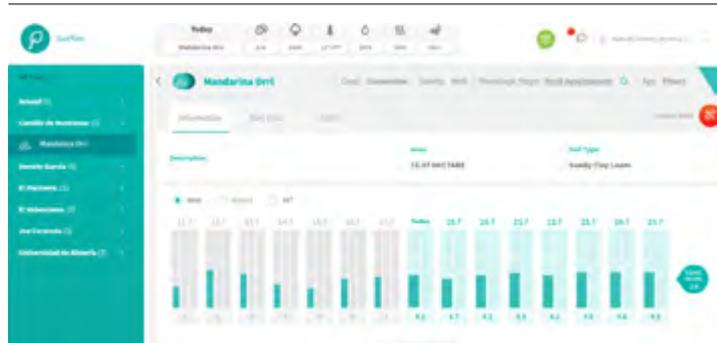
Gráfico de imágenes satelitales de Naandan Jain.



Aplicación móvil de Viridix de Naandan Jain.



Aplicación web de Viridix de Naandan Jain.



Aplicación SupPlant de Naandan Jain.

MICROORGANISMOS Y BIOESTIMULACIÓN: Cuando la agricultura se pone en manos de la biotecnología.

Alejandro Salvador¹, Inmaculada del Castillo², Mercedes Verdeguer¹,
Javier Nacher² y Marta Muñoz²

¹ Instituto Agroforestal Mediterráneo (IAM),
Universitat Politècnica de València (España).

² SEIPASA S.A. (España)

Introducción

El manejo sostenible de la fertilización es una preocupación creciente debido al impacto ambiental generado por el uso abusivo de fertilizantes químicos convencionales (Wezel et al., 2014). La utilización de fertilizantes químicos es un método muy efectivo y económico de aportar nutrientes minerales a los cultivos (Chen, 2006). Sin embargo, es habitual que su aplicación y dosificación se produzca de manera incorrecta, lo que implica el empleo de grandes cantidades con poca eficiencia (Grageda-Cabrera et al., 2018). Estos fertilizantes, con frecuencia, son lavados del suelo por escorrentía (Lawlor et al., 2008) o por infiltración (Lizarralde, 2016), algo que provoca efectos adversos en el medio ambiente tales como la eutrofización de aguas, la emisión de gases de efecto invernadero, la pérdida de la fertilidad del suelo (Liu y Xie, 2019; Galindo et al., 2020), así como la contaminación de aguas subterráneas.

Además, en el caso de los productos fitosanitarios, estos pueden causar serios riesgos para la salud del consumidor como consecuencia de la presencia de residuos en los productos alimenticios (Sofó et al., 2014). En este contexto, la aplicación de biofertilizantes se perfila como una alternativa sostenible al uso de agroquímicos, ya que promueve a largo plazo la productividad de los cultivos, jugando un papel fundamental en la mejora de la salud de los suelos de forma sostenible, al tiempo que permite la reducción en la aplicación de fertilizantes químicos (Itelima, et al., 2018).

Bioestimulantes

En la reciente regulación (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de junio de 2019, los bioestimulantes se definen como productos fertilizantes cuya función es estimular los procesos de nutrición de las plantas, independientemente del contenido de nutrientes del producto, con el único objetivo de mejorar características de la planta o su rizosfera relacionadas con la eficiencia en el uso de nutrientes, la tolerancia al estrés abiótico, las características de calidad de la producción o la disponibilidad de nutrientes inmovilizados en el suelo o la rizosfera (UE, 2019).

Es importante subrayar que la actividad bioestimulante no debe depender de los nutrientes del producto o de su contenido en hormonas vegetales naturales (Paul et al., 2019), sino que ha de estimular procesos naturales mejorando el crecimiento de las plantas, la productividad y su respuesta frente al estrés, tanto abiótico como biótico (Rouphael y Colla, 2018).

Los componentes más conocidos de los bioestimulantes son elementos minerales, vitaminas, aminoácidos, polisacáridos, oligosacáridos, trazas de hormonas vegetales naturales (Paul et al., 2019), así como microorganismos, principalmente rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR), y hongos beneficiosos que pueden ser de vida libre, encontrarse asociados a la rizosfera o convivir como endosimbiontes de la planta (du Jardin, 2015).

Rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas (PGPR)

El uso de microorganismos benéficos, como las PGPR, constituye una de las bases de la biotecnología enfocada a la producción agrícola sostenible (Glick, 2018) donde, en combinación con otros aspectos agrobiotecnológicos, forman parte de un contexto ecológico y económico cuyo objetivo es reducir la utilización de productos de síntesis química en la agricultura (Gouda et al., 2018) y asegurar la cantidad, calidad y sostenibilidad en el suministro de alimentos (Álvarez-López et al., 2014).

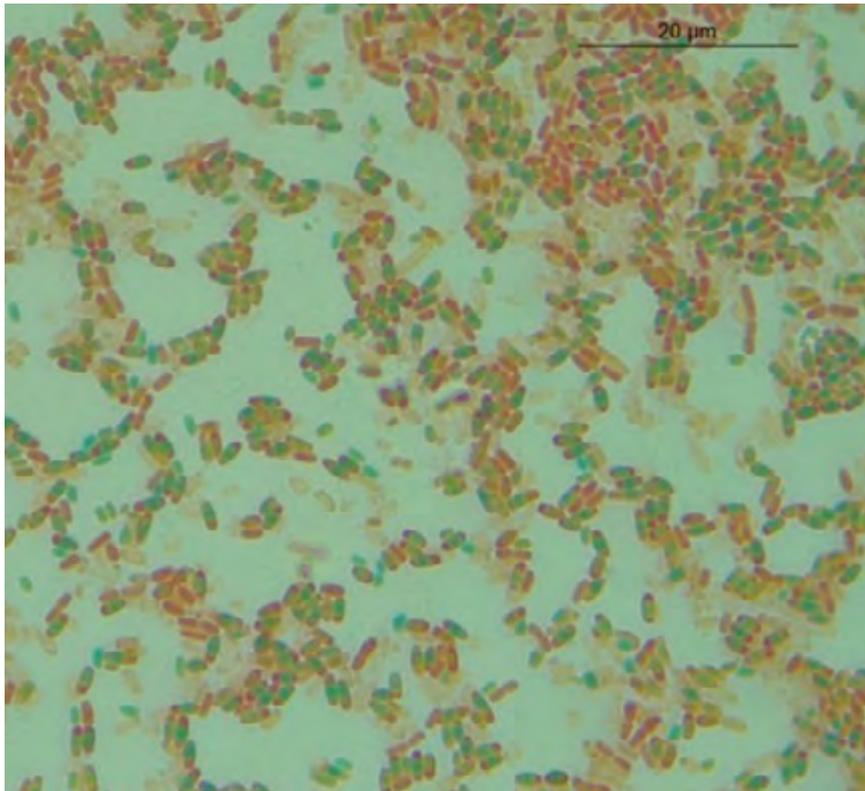


Figura 1.
Tinción de esporas de la cepa *B. subtilis* SEIBS23 de Seipasa.

El uso de PGPR tiene un efecto directo sobre las plantas, mejorando su salud y nutrición (Valenzuela-Aragon et al., 2019). Por otro lado, el uso de inoculantes microbianos ofrece otras ventajas indirectas sobre los cultivos, ya que repercute sobre la fertilidad de los suelos, mejora el contenido en materia orgánica e incrementa la biodiversidad de los mismos (Tejada, et al., 2011). Estos efectos se extienden también a nivel estructural. La microbiota del suelo influye en la formación de agregados que mejoran la porosidad y permeabilidad del sustrato, con el consiguiente beneficio en la aireación de los suelos, el flujo de agua y la mejora de la captación de nutrientes por parte de las raíces (Umer & Rajab, 2012). Por tanto, estos inoculantes bacterianos constituyen una alternativa para incrementar la productividad de las plantas (Hurtado et al., 2020).

Además del estrés biótico ejercido por diferentes patógenos, las plantas a menudo están expuestas a diferentes tipos de estrés abiótico provocado por la sequía, la salinidad, la deficiencia de nutrientes o el exceso de metales pesados (Borriss, 2011). Pero, al igual que ocurre con el estrés generado por patógenos, las PGPR pueden actuar como inductores de tolerancia contra este tipo de estrés abiótico, fenómeno denominado resistencia sistémica inducida (Yang et al., 2009).

Este tipo de microorganismos estimula la síntesis de compuestos promotores del crecimiento como el ácido indolacético, auxinas, giberelinas y citoquininas (Capistrán et al., 2020), lo que favorece la progresión fisiológica y el desarrollo de las plantas (Vega-Celedón et al., 2016). El límite entre organismos de control biológico (BCO) y PGPR no está bien definido. De hecho, los BCO, cuya acción principal es prevenir o inhibir el crecimiento de patógenos mediante resistencia sistémica adquirida, también ejercen beneficios indirectos sobre el crecimiento de las plantas mediante antibiosis basada en la producción de enzimas hidrolíticas o sustancias inhibitoras.

Los efectos positivos mostrados por las PGPR han sido fuertemente asociados a diversos mecanismos de acción, actuando de forma tanto directa como indirecta. De esta manera, se consideran efectos directos aquellos asociados al crecimiento de las plantas mediante la producción de fitohormonas, tales como auxinas (ácido indolacético AIA), citoquininas (zeatinas) y ácido giberélico; compuestos orgánicos volátiles (acetoina y derivados del azufre), la fijación biológica de nitrógeno, la solubilización y aumento de disponibilidad de nutrientes en el suelo como potasio o fósforo (Moreno-Reséndez et al.,

2018; Valenzuela-Ruiz, 2018; Backer et al., 2018), o la oxidación de azufre.

Otros efectos directos promovidos por los organismos PGPR se relacionan con la reducción del estrés a través de la regulación de los niveles de etileno, la producción de ácido abscísico (Berg, 2009), el aumento del desarrollo radicular (Goswami et al., 2016) y la mejora de permeabilidad de la raíz (Enebak et al., 1998). Además, los organismos bioestimulantes actúan de forma indirecta con mecanismos asociados a la resistencia de los cultivos a fitopatógenos mediante la producción de lipopéptidos, antibióticos o enzimas líticas (Villarreal-Delgado et al., 2018; Villa-Rodríguez et al., 2019); la formación de sideróforos (Fernández-Herrera et al., 2019), o estimulación de la resistencia sistémica inducida y competencia con microorganismos nocivos (Backer et al., 2018).

Las plantas atraen microbiota específica presente en el suelo a través de la exudación de compuestos desde sus raíces, conformando una comunidad microbiana adaptada a sus necesidades. Se estima que una cantidad sustancial del carbono fijado por la planta, entre el 5 y 21%, es excretada en forma de exudado a través de la raíz (Marschner, 2011). Los exudados emitidos por las raíces son principalmente carbohidratos, ácidos orgánicos y aminoácidos (Somers et al., 2004) que las bacterias utilizan como nutrientes y que varían de manera específica, no sólo en función de la planta, sino también de su estado de desarrollo fisiológico, promoviendo una comunidad microbiológica propia de forma activa a través de las secreciones radiculares (Tkacz & Poole, 2015). Esta especificidad se conoce en profundidad, especialmente en el caso de plantas leguminosas y sus endosimbiontes, del género *Rhizobium*, pero también se ha observado en relación a multitud de cultivos de distintos grupos de interés como cereales. Se ha demostrado que la misma planta promueve microbiomas similares en suelos de distinta naturaleza (Bargaz, et al., 2018). Este hecho pone de relieve la importancia de la competitividad de los microorganismos utilizados como bioestimulantes y, en especial, su capacidad para colonizar el entorno rizosférico.

La colonización de la raíz es importante para que la bacteria bioestimulante realice su función. A su vez, tanto la colonización como la

supervivencia de las bacterias dependen de factores físicos, químicos y biológicos tales como el pH, la textura del suelo, los nutrientes, la humedad y temperatura, el porcentaje de materia orgánica y la competencia con otros microorganismos (Bonfante y Anca, 2009). Una buena colonización de la superficie de la raíz es esencial para determinar un efecto adecuado de organismos PGPR, considerándose como un factor limitante para la eficacia de organismos estimulantes del crecimiento una pobre colonización del rizoplasma. Los sitios más comunes para el desarrollo bacteriano son las intersecciones entre las células epidérmicas y las áreas donde aparecen las raíces laterales (Lugtenberg y Kamilova, 2009).

Por lo tanto, el uso de productos bioestimulantes formulados en base a organismos PGPR tiene como una de sus estrategias el enriquecimiento del suelo en promotores del crecimiento, para mejorar la presencia de bacterias de interés en el entorno de la raíz.

En este contexto, la compañía Seipasa, dentro de su modelo de Tecnología Natural basado en la innovación y la investigación aplicadas a sustancias de origen botánico y microbiológico para el desarrollo de tratamientos agrícolas, ha trabajado en el desarrollo del conocimiento acerca de las bacterias PGPR como complemento bioestimulante de la producción agrícola sostenible. Fruto de ese trabajo ha nacido el producto Radisei, el cual contiene una cepa PGPR exclusiva como principal ingrediente activo del formulado.

Bacillus subtilis (Ehrenberg)

De los PGPR disponibles comercialmente, *B. subtilis* destaca por su resistencia a condiciones ambientales desfavorables (Szczecy y Shoda, 2006) y de estrés, ya que algunas de las cepas catalogadas toleran el estrés térmico (hasta 43.5 °C), el hídrico (PEG, 10%, -0.84 mPa), el salino (NaCl 5%, 6.8 dS m⁻¹) y el químico (Clorotalonil) (Montoya et al., 2020). Esta resistencia a condiciones adversas se debe en gran medida a su capacidad de formación de esporas de resistencia que, junto a su crecimiento rápido y capacidad de colonización de la superficie de las raíces de las plantas (Kumar et al., 2011), además de su viabilidad a largo plazo, facilita el desarrollo de productos comerciales para la agricultura moderna (Haas y Defago, 2005).



B. subtilis es una bacteria perteneciente a la familia de los *Bacillaceae*, gram positiva con morfología bacilar, aerobia y anaerobia facultativa. Produce endosporas con morfología oval o cilíndrica que le permite resistir condiciones ambientales desfavorables. Son móviles por la presencia de flagelos laterales. La propagación activa del microorganismo se produce en medios que presentan superficie húmeda. Se encuentra principalmente en suelos agrícolas, raíces de las plantas y en el tracto gastrointestinal de los animales (Layton et al., 2011).

B. subtilis también destaca debido a su capacidad para promover el crecimiento vegetal, mediante la síntesis de fitohormonas (Fahad et al., 2015) y el aumento en la disponibilidad de nutrientes en el suelo (Xie et al., 2014). También se han realizado estudios con sideróforos en la actividad antagonista contra microorganismos fitopatógenos (Fernández-Herrera et al., 2019), generación de antibióticos y enzimas líticas. También tiene capacidad de fijar nitrógeno atmosférico (Tejera-Hernández et al., 2011) y contribuye a la solubilización de fosfatos (Sharma et al., 2013).

Por otro lado, es capaz de desarrollar diferentes tipos de mecanismos de protección contra el estrés, incluida la estimulación de los mecanismos de autodefensa de las plantas (Boehme et al., 2006), ya que induce tolerancia a estrés térmico, hídrico y salino (Rodríguez et al., 2019), así como a estrés por pH subóptimo (Petersohn et al., 2001). Además, aumenta la eficiencia fotosintética y el contenido de clorofila, por lo que desempeña un papel regulador en la adquisición de energía por parte de la planta (Zhang et al., 2008). Asimismo, se utiliza con éxito en la biorremediación de suelos afectados por metales pesados (Zhuang et al., 2007).

Todas estas investigaciones destacan la importancia de la cepa estudiada.

Figura 2. Morfología colonial, en placas de TSA incubadas a 28 °C, vde *B. subtilis* SEIBS23 SEIPASA (izquierda), con colonias planas e irregulares.

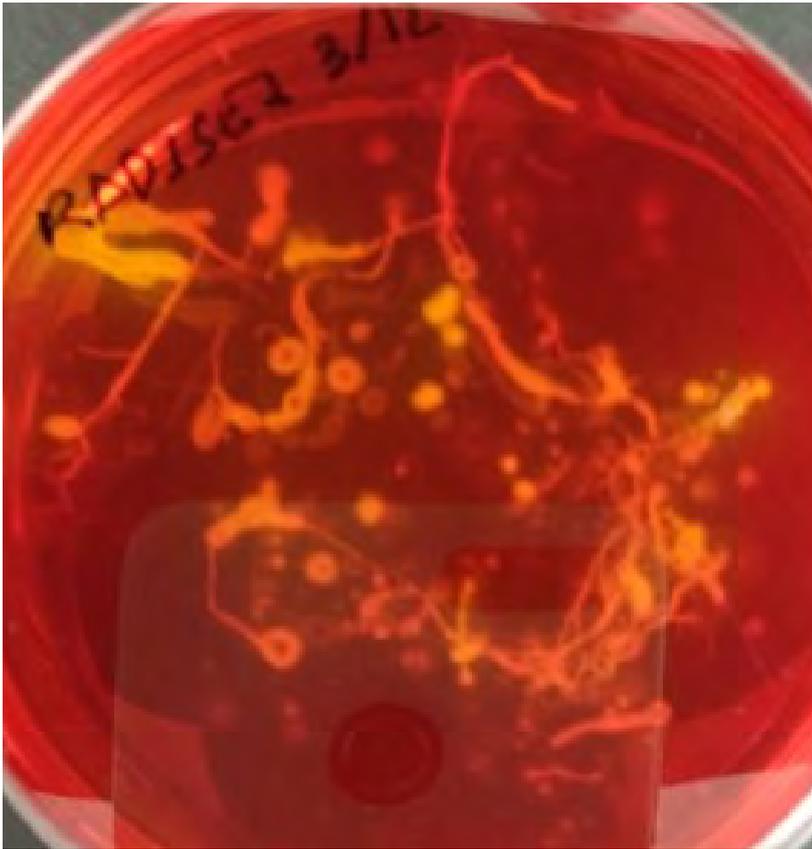


Figura 3. Colonización de raíces de lechuga tratadas con Radisei, con la cepa *B. subtilis* SEIBS23.

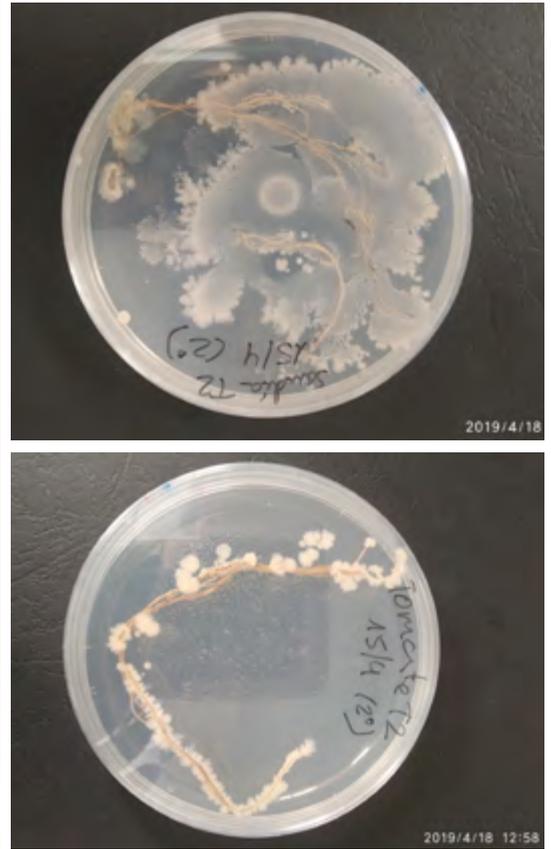


Figura 4. Raíces de sandía (izquierda) y tomate (derecha) inoculadas con Radisei.

Existen cepas más prolíficas que otras, con mayor o menor capacidad bioestimulante, resistencia al estrés o especificidad por un tipo de cultivos u otros. En base a ello, resulta imprescindible la identificación y caracterización a nivel de cepa del organismo empleado para el estudio de las cualidades específicas de cada PGPR.

Las últimas investigaciones realizadas por la empresa Seipasa sobre la capacidad bioestimulante de *B. subtilis* cepa SEIBS23 (Figuras 2 y 3) han demostrado que tiene efectos en la estimulación de los cultivos y que mejora la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Adicionalmente, se ha comprobado que esta cepa coloniza de forma efectiva las raíces de diferentes cultivos, tal y como demuestran los ensayos de colonización y persistencia en sandía y tomate (Figura 4) llevados a cabo por Seipasa.

La capacidad de *B. subtilis* para formar un biofilm sobre la superficie de las raíces promoviendo una ocupación eficiente de este nicho, ha sido ampliamente descrita (Cámara-

Almirón, et al., 2020) y supone una ventaja para el uso de este microorganismo como inoculante, ya que garantiza una asociación estable con el cultivo y facilita su efecto estimulante en la planta.

Conclusiones generales

La utilización de la bacteria *B. subtilis* como bioestimulante de plantas hortícolas, es una práctica agronómica que posibilita la reducción del uso de insumos de síntesis química sin afectar al rendimiento de los cultivos, y que permite salvaguardar la fertilidad de los suelos, la salud ambiental y la salud humana.

B. subtilis estimula la biosíntesis de fitohormonas y provoca cambios morfológicos y fisiológicos en el sistema radicular. Esta acción promueve el desarrollo radicular al generar un mayor contacto de la raíz con el medio, lo que aumenta el área de superficie total de la raíz, favorece una mayor absorción de agua y mejora al mismo tiempo la absorción de nutrientes. Además, solubiliza y aumenta la disponibilidad de los nutrientes del suelo favoreciendo una correcta nutrición.

Todo ello repercute en un mejor desarrollo de la planta, que aumenta su capacidad para afrontar diferentes tipos de estrés, tanto abiótico como biótico, y se traduce en un mayor desarrollo vegetal y producción agrícola.

Es necesaria una correcta caracterización a nivel de cepa para aquellos organismos utilizados en los productos bioestimulantes, con el fin de asegurar que ofrecen los beneficios perseguidos para los cultivos. Los estudios conducidos por Seipasa han demostrado que la cepa *B. subtilis* SEIBS23 coloniza adecuadamente las raíces de diferentes hortícolas, al mismo tiempo que muestra capacidad de solubilizar potasio, fijar nitrógeno atmosférico y formar sideróforos, lo que la convierte en una cepa muy adecuada para su uso en bioestimulación. Por otro lado, las pruebas realizadas con Radisei, producto bioestimulante de la compañía Seipasa compuesto de *B. subtilis* SEIBS23, han mostrado que aumenta la producción de pimiento var. Largo de Reus, así como de aceitunas, donde también mejoró las cualidades del aceite al reducir la acidez y aumentar los polifenoles totales.

Bibliografía

ÁLVAREZ-LÓPEZ, C., OSORIO-VEGA, W., DÍEZ-GÓMEZ, M. C., & MARÍN-MONTOYA, M. (2014). Caracterización bioquímica de microorganismos rizosféricos de plantas de vainilla con potencial como biofertilizantes. *Agronomía Mesoamericana*, 25: pp. 226-241.

BARGAZ, A. y otros, 2018. Soil microbial resources for improving fertilizers efficiency in an integrated plant nutrient management system. *Frontiers in Microbiology*, Volumen 9: 1606.

BORRIS, R. (2011). *Bacteria in agrobiology: Plant growth responses* Ed. Springer. Berlin, Heidelberg.

BACKER, R., ROKEM, J. S., ILANGUMARAN, G., LAMONT, J., PRASLICKOVA, D., RICCI, E., SUBRAMANIAN, S., & SMITH, D. L. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria: context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in plant science*, 9: p. 1473.

BERG, G. (2009). Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. *Applied microbiology and biotechnology*, 84: pp. 11-18.

BONFANTE, P., & ANCA, I. A. (2009). Plants, mycorrhizal fungi, and bacteria: a network of interactions. *Annual review of microbiology*, 63: pp. 363-383.

CÁMARA-ALMIRÓN, J. y otros, 2020. Dual functionality of the amyloid protein TasA in *Bacillus* physiology and fitness on the phylloplane. *Nature Communications*, Volumen 11: p. 1859.

CAPISTRÁN, L. L., ZULUETA-RODRÍGUEZ, R., HERNÁNDEZ-MONTIEL, L. G., REYES-PÉREZ, J. J., & GONZÁLEZ-MORALES, G. Y. (2020). Efectos de la co-inoculación de *Bacillus subtilis* y *Rhizoglyphus intraradices* en la producción de jitomate (*Solanum lycopersicon L.*) en un sistema semi-hidropónico. *Revista Bio Ciencias*, 7: e671.

CHEN, J. H. (2006, October). The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. *International workshop on sustained management of the soil-rhizosphere system for efficient crop production and fertilizer use*, 16: pp. 1-11.

ENEBAK, S. A., WEI, G., & KLOEPPER, J. W. (1998). Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on loblolly and slash pine seedlings. *Forest Science*, 44: pp. 139-144.



30 años

Evolucionando contigo

¡Gracias por progresar a nuestro lado!

ISAGRI S.L.

C/ Espinosa, 8 - 410 - 46008 Valencia

Tel: 963.153.099 - E-mail: isagri@isagri.es - www.isagri.es - @isagriespana

- GOSWAMI, D., THAKKER, J. N., & DHANDHUKIA, P. C. (2016). Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A review. *Cogent Food & Agriculture*, 2: 1127500.
- HAAS, D., & DÉFAGO, G. (2005). Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent pseudomonads. *Nature reviews microbiology*, 3: pp. 307-319.
- ITELIMA, J. y otros, 2018. A review: Biofertilizer - A key player in enhancing soil fertility and crop productivity. *Journal of Microbiology and Biotechnology Reports*, March, 2(1), pp. 22-28.
- KUMAR, A., PRAKASH, A., & JOHRI, B. N. (2011). *Bacteria in agrobiolgy: crop ecosystems*, Ed. Springer. Berlin, Heidelberg, pp. 37-59.
- MONTOYA, R. I. R., ENCINAS, L. A. C., COTA, F. I. P., & DE LOS SANTOS VILLALOBOS, S. (2020). Mejorando rasgos biométricos de plántulas de trigo con la inoculación de un consorcio nativo de *Bacillus*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11: pp. 229-235.
- DU JARDIN, P. (2012). *The Science of Plant Biostimulants—A bibliographic analysis, Ad hoc study report*. European Commission.
- FAHAD, S., HUSSAIN, S., BANO, A., SAUD, S., HASSAN, S., SHAN, D., KHAN, F. A., KHAN, F., CHEN, Y., WU, C., TABASSUM, A. M., CHUN, M. X., AFZAL, M., JAN, A., JAN, T. M., & TABASSUM, M. A. (2015). Potential role of phytohormones and plant growth-promoting rhizobacteria in abiotic stresses: consequences for changing environment. *Environmental Science and Pollution Research*, 22: pp. 4907-4921.
- FERNÁNDEZ-HERRERA, E., RENTERÍA-MARTÍNEZ, M. E., MORENO-SALAZAR, S. F., JIMÉNEZ-PEÑA, N., & RAMÍREZ-BUSTOS, I. I. (2019). BACTERIA OF THE CHICKPEA RHIZOSPHERE WITH ANTAGONISTIC CAPACITY TO PHYTOPATHOGENOUS FUNGI AND PLANT GROWTH PROMOTION. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22: pp. 557-568.
- GALINDO, L. A. G., RIVAS, A. C., LÓPEZ, J. P. M., & MORENO, N. M. (2020). Alternativas microbiológicas para la remediación de suelos y aguas contaminados con fertilizantes nitrogenados. *Scientia et Technica*, 25: pp. 172-183.
- GOUDA, S., KERRY, R. G., DAS, G., PARAMITHIOTIS, S., SHIN, H. S., & PATRA, J. K. (2018). Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. *Microbiological research*, 206: pp. 131-140.
- GRAGEDA-CABRERA, O. A., GONZÁLEZ-FIGUEROA, S. S., VERA-NUÑEZ, J. A., AGUIRRE-MEDINA, J. F., & PEÑA-CABRIALES, J. J. (2018). Efecto de los biofertilizantes sobre la asimilación de nitrógeno por el cultivo de trigo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9: pp. 281-289.
- HURTADO, A. C., DÍAZ, Y. P., HURTADO, Y. G. P., SIMÓN, L. A. Y., CALZADA, K. P., VICIEDO, D. O., & RODRÍGUEZ, J. F. M. (2020). Respuesta agroproductiva de la habichuela a la aplicación de vermicompost lixiviado y microorganismos eficientes. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 9: pp. 112-124.
- LAYTON, C., MALDONADO, E., MONROY, L., RAMÍREZ, L. C. C., & LEAL, L. C. S. (2011). *Bacillus* spp.; perspectiva de su efecto biocontrolador mediante antibiosis en cultivos afectados por fitopatógenos. *Nova*, 9: pp. 177-187.
- LAWLOR, P. A., HELMERS, M. J., BAKER, J. L., MELVIN, S. W., & LEMKE, D. W. (2008). Nitrogen application rate effect on nitrate-nitrogen concentration and loss in subsurface drainage for a corn-soybean rotation. *Transactions of the ASABE*, 51: pp. 83-94.
- LIU, G., & XIE, H. (2019). Simulation of Regulation Policies for Fertilizer and Pesticide Reduction in Arable Land Based on Farmers' Behavior—Using Jiangxi Province as an Example. *Sustainability*, 11: p. 136.
- LIZARRALDE, C., CIGANDA, V., BAETHGEN, W., QUINCKE, A., & AMBIENTAL, S. (2016). Pérdida de Nutrientes en Agua de Ecurrimiento en Sistemas de Rotaciones Contrastantes. *Revista INIA*, 46: pp. 41-43.
- LUGTENBERG, B., & KAMILOVA, F. (2009). Plant-growth-promoting rhizobacteria. *Annual review of microbiology*, 63: pp. 541-556.
- MARSCHNER, H. (2011). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Academic press.

MORENO RESÉNDEZ, A., CARDA MENDOZA, V., REYES CARRILLO, J. L., VÁSQUEZ ARROYO, J., & CANO RÍOS, P. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 20: pp. 68-83.

Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, (Texto pertinente a efectos del EEE).

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32019R1009>



RODRÍGUEZ, A. M. D., COTA, F. I. P., SANTOYO, G., & DE LOS SANTOS VILLALOBOS, S. (2019). Chlorothalonil tolerance of indole producing bacteria associated to wheat (*Triticum turgidum* L.) rhizosphere in the Yaqui Valley, Mexico. *Ecotoxicology*, 28: pp. 569-577.

SZCZECH, M., & SHODA, M. (2006). The effect of mode of application of *Bacillus subtilis* RB14 C on its efficacy as a biocontrol agent against *Rhizoctonia solani*. *Journal of Phytopathology*, 154: pp. 370-377.

TEJADA, M., BENÍTEZ, C., GÓMEZ, I. & PARRADO, J., 2011. Use of biostimulants on soil restoration: effects on soil biochemical properties and microbial community. *Applied Soil Ecology*, Volumen 49, pp. 11-17.

TEJERA-HERNÁNDEZ, B., ROJAS-BADÍA, M. M., & HEYDRICH-PÉREZ, M. (2011). Potencialidades del género *Bacillus* en la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de hongos fitopatógenos. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 42: pp. 131-138.

TKACZ, A. & POOLE, P., 2015. Role of root microbiota in plant productivity. *Journal of Experimental Botany*, 66(8), pp. 2167-2175.

PAUL, K., SORRENTINO, M., LUCINI, L., ROUPHAEL, Y., CARDARELLI, M., BONINI, P., REYNAUD, H., CANAGUIER, R., TRTÍLEX, M., PANZAROVÁ, K., & COLLA, G. (2019). Understanding the biostimulant action of vegetal-derived protein hydrolysates by high-throughput plant phenotyping and metabolomics: A case study on tomato. *Frontiers in plant science*, 10: p. 47.

PETERSOHN, A., BRIGULLA, M., HAAS, S., HOHEISEL, J. D., VÖLKER, U., & HECKER, M. (2001). Global analysis of the general stress response of *Bacillus subtilis*. *Journal of bacteriology*, 183: pp. 5617-5631.

UMER, M. & RAJAB, S., 2012. Correlation between aggregate stability and microbiological activity in two Russian soil types. *Eurasian Journal of Soil Science*, Volumen 1, pp. 45-50.

VALENZUELA-ARAGON, B., PARRA-COTA, F. I., SANTOYO, G., ARELLANO-WATTENBARGER, G. L., & DE LOS SANTOS-VILLALOBOS, S. (2019). Plant-assisted selection: a promising alternative for in vivo identification of wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. *Durum*) growth promoting bacteria. *Plant and soil*, 435: pp. 367-384.

VEGA-CELEDÓN, P., CANCHIGNIA MARTÍNEZ, H., GONZÁLEZ, M., & SEEGER, M. (2016). Biosíntesis de ácido indol-3-acético y promoción del crecimiento de plantas por bacterias. *Cultivos Tropicales*, 37: pp. 33-39.

VILLA-RODRIGUEZ, E., PARRA-COTA, F., CASTRO-LONGORIA, E., LÓPEZ-CERVANTES, J., & DE LOS SANTOS-VILLALOBOS, S. (2019). *Bacillus subtilis* TE3: a promising biological control agent against *Bipolaris sorokiniana*, the causal agent of spot blotch in wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum*). *Biological Control*, 132: pp. 135-143.

XIE, S. S., WU, H. J., ZANG, H. Y., WU, L. M., ZHU, Q. Q., & GAO, X. W. (2014). Plant growth promotion by spermidine-producing *Bacillus subtilis* OKB105. *Molecular plant-microbe interactions*, 27: pp. 655-663.

YANG, J., KLOEPPER, J. W., & RYU, C. M. (2009). Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. *Trends in plant science*, 14: pp. 1-4.

ZHANG, H., XIE, X., KIM, M. S., KORNYEYEV, D. A., HOLADAY, S., & PARÉ, P. W. (2008). Soil bacteria augment *Arabidopsis* photosynthesis by decreasing glucose sensing and abscisic acid levels in planta. *The Plant Journal*, 56: pp. 264-273.

ZHUANG, X., CHEN, J., SHIM, H., & BAI, Z. (2007). New advances in plant growth-promoting rhizobacteria for bioremediation. *Environment international*, 33: pp. 406-413.

¿Por qué establecer zonas de gestión a partir de imágenes de satélite?

Patricia Salas y Marta Mercadal

—
SONEA

«Para cada problema, hay una más sencilla solución.»

Agatha Christie, del libro «Los relojes»

Introducción

SONEA es una empresa española especializada en soluciones agrícolas basadas en Teledetección y SIG que nació con el objetivo de incorporar las nuevas tecnologías al sector agrícola de forma sencilla y positiva. Desde 2014 monitoriza fincas en distintas partes del mundo, acompañando a los productores en la toma de decisiones en los diferentes momentos del cultivo.

¿Por qué establecer zonas de gestión a partir de imágenes de satélite?

La variabilidad espacial de las propiedades del suelo y su conexión con el rendimiento de los cultivos es de sobra conocido por los agricultores desde tiempos inmemorables. Hasta la aparición de maquinaria de cosecha equipada con monitores de rendimiento, en un primer momento en cereal y después en otros cultivos como viña, no se tenía forma de medir cómo esa variabilidad intraparcular influía en el rendimiento de los cultivos. Es en ese preciso momento cuando comenzó el interés por conseguir homogeneizar la producción de la finca.

Una buena forma de conseguir esta homogeneización es establecer zonas de gestión que permiten realizar una actuación sobre las zonas de la finca que lo necesitan en la forma que necesitan, alcanzando estándares de producción más eficientes. La delimitación de estas zonas requiere de un buen conocimiento de la variabilidad de los suelos de la finca pues, como ya hemos comentado, su conexión con el rendimiento, y en definitiva con la rentabilidad de la explotación, es indiscutible. Dos de los momentos en los que se considera clave el tener en cuenta la variabilidad de la explotación por tener una incidencia directa en la rentabilidad y eficiencia de su gestión, es antes de la implantación de cultivo o modernización o transformación del riego, y previo a cosecha en caso de cultivos como la viña o el olivo.

Conocer la variabilidad de la finca o grupo de parcelas antes de la implantación del cultivo o de del diseño del riego permite que este diseño se realice acorde a las zonas de gestión definidas (elección de variedades, marco de plantación, densidades de siembra o sectorización del riego si se trata de fincas en regadío). En fincas ya amuebladas, también permite establecer zonas de gestión adaptándose al equipamiento existente de forma que permita un manejo diferenciado (agua, fertilización u otros) entre zonas durante las sucesivas campañas.



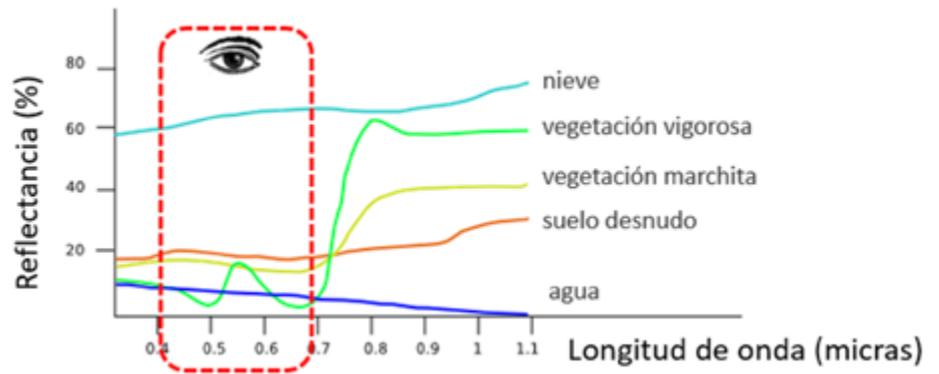
Patricia Salas
y Marta Mercadal,
fundadoras de
SONEA

En momentos previos a la recolección en cultivos como viña u olivar, puede resultar interesante establecer bloques o zonas según el comportamiento del cultivo durante la campaña, con el objetivo de delimitar zonas que puedan conllevar un producto o momento de recolección diferente. Conocer la superficie y localización de cada zona, permite hacer más eficiente el trabajo de muestreo en campo y tenerlo en cuenta para planificar la cosecha o establecer la posibilidad de realizar cosecha selectiva si se pretende diferenciar para calidades diferentes o por momentos de recolección.

En estos dos casos, previo a campaña y previo a recolección, la teledetección es una herramienta idónea para conocer la variabilidad de la finca ya que proporciona información de la totalidad de la superficie en uno o varios momentos determinados.

Un sensor a bordo de un satélite, dron u otra plataforma funciona en forma de cámara de fotos, captando la radiación que reflejan los objetos en distintas longitudes de onda, sólo algunas de ellas invisibles son para el ojo humano. El registro de la energía que cada objeto refleja en cada longitud de onda es lo que se denomina firma espectral que es en lo que se basa cualquier trabajo de teledetección. Algunas de las ventajas del uso de imágenes de satélite frente a imágenes de dron es la posibilidad de disponer de imágenes de acceso libre desde la década de 1980 y la periodicidad con la que se puede obtener una imagen actualmente, que en algunas zonas, basándonos en imágenes de acceso libre, llega a ser hasta de 2-3 días. Cada uno de estos aspectos resulta determinante para realizar las cartografías de zonificación necesarias para delimitar las zonas de gestión de las que se ha hablado.

La posibilidad de captura y análisis de esta información no visible para el ojo humano, con una visión general de la finca o parcelas y objetiva, así como con posibilidad de análisis de información del pasado, son varias de las cuestiones que hacen que teledetección sea un complemento a tener en cuenta para alcanzar el objetivo de gestión de la variabilidad de la explotación.



Firmas espectrales de distintas cubiertas.
Parte visible para el ojo humano.

Zonificación de suelos (previo a plantación o diseño de riego)

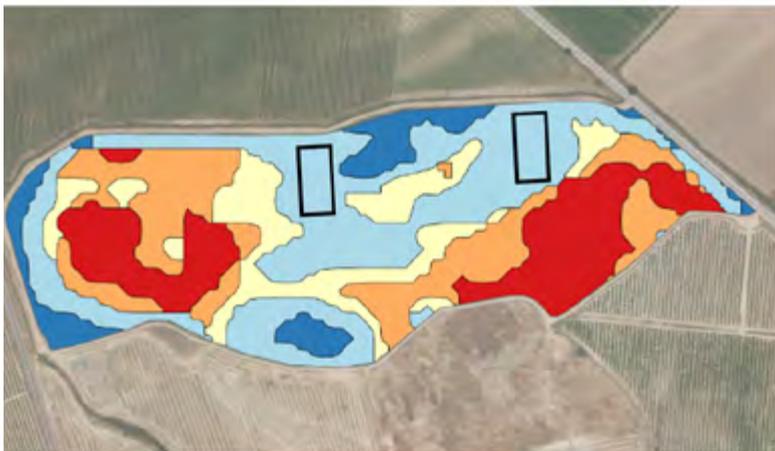
La zonificación de suelos se basa en delimitar las áreas de la parcela que presentan un comportamiento espectral diferente, en base a la respuesta del suelo y no de la vegetación. La cartografía resultante proporciona información sobre cuántas clases de suelo, su distribución espacial y en qué proporción están presentes en las parcelas. Cabe destacar que únicamente con información de teledetección no se obtiene información de las características físicas ni químicas de los suelos, sin embargo es un complemento perfecto para que esa caracterización necesaria, mediante la toma de muestras en campo, sea lo más eficiente posible tanto en la elección del número de muestras como de dónde se toman. El mapa de zonificación de suelos permite optimizar el número de muestras a tomar frente a métodos de muestreo tradicionales, con la seguridad de que estas muestras son representativas de los suelos presentes en la parcela.

Tras la posterior caracterización de cada uno de los suelos delimitados por zonas, se pueden definir de una forma más selectiva desde las variedades a implantar a los trabajos necesarios para un mejor desarrollo del cultivo y mejora de la gestión posterior: subsolados, la necesidad de realizar caballones o la aplicación de enmiendas. Además, estos mapas de zonificación son una información complementaria a la que ya utilizan los técnicos en el diseño de las unidades de riego, ya que ayudan a la delimitación de la forma y orientación de los sectores de riego con el objetivo de que se permita realizar un manejo diferenciado y un uso más eficiente de los insumos (agua o abono). Esta información puede utilizarse también para la instalación de sondas de humedad permitiendo conocer el número de sondas a instalar para tener monitorizada la variabilidad de la finca, así como la ubicación más idónea para los objetivos buscados.

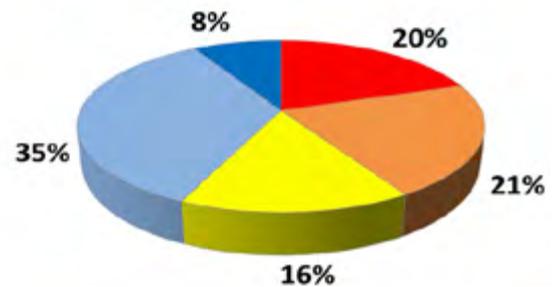
En numerosas ocasiones, se realizan ensayos en las parcelas con el objetivo de testar nuevos productos o nuevas soluciones de mejora. Se aplican en pequeñas zonas para evaluar su eficacia antes de aplicarla al conjunto de la parcela. Conocer la variabilidad y distribución de los suelos de la parcela, permite tener la certeza de que la ubicación de las zonas de ensayo y control se realiza en el mismo tipo de suelo eliminando factores que pudieran enmascarar los resultados.

«Nunca perdáis contacto con el suelo; porque sólo así tendréis una idea aproximada de vuestra estatura» Antonio Machado

Ejemplo del uso de la zonificación de suelos para la elección de zonas de ensayo y control de un ensayo en el mismo tipo de suelo.



CATEGORÍA	ha	%
1	5,048	19,93
2	5,397	21,30
3	3,940	15,55
4	8,836	34,88
5	2,112	8,34
TOTAL	25,333	100



Zonificación previa a cosecha

Partiendo de la base de que un comportamiento del cultivo diferente en un momento determinado (estrés, mayor desarrollo vegetativo por encharcamiento, helada etc.), podría conllevar a tener un producto o calidad distintos o que puedan requerir un momento de cosecha diferente, estos mapas de zonificación del cultivo elaborados a partir de la evolución del cultivo en campaña, de olivar o viña principalmente, pretenden optimizar el muestreo tanto en lo que se refiere a número de muestras a tomar como en la representatividad de las mismas.

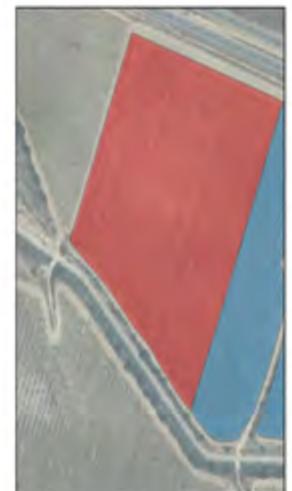
A partir de las imágenes tomadas durante el ciclo del cultivo, con la interpretación de las mismas y teniendo en cuenta lo sucedido en campaña, se realiza una caracterización de la evolución del cultivo durante la campaña permitiendo delimitar las diferentes zonas en la parcela o grupo de parcelas.

Tras un muestreo de cada zona y en base a los criterios y objetivos de los técnicos de la finca o la bodega o almazara, se busca establecer las zonas que, sin que sea necesaria una máquina de precisión, se recolectarán de forma independiente por necesitar diferentes momentos de recolección o al ser susceptibles de diferenciar calidades, por ejemplo, para un mercado gourmet. De esta forma se persigue el maximizar la eficiencia en el trabajo y la rentabilidad del cultivo, al poder identificar zonas que puedan requerir un momento diferente de recolección o que tienen posibilidad de acceder a otro mercado en el cual el precio sea mayor.

ZONIFICACIÓN PARA MUESTREO



ESTRATEGIA DE COSECHA



Ejemplo de zonificación previa a cosecha y transformación para diferentes momentos de cosecha o diferentes productos.

«Lo único que perdura en el tiempo es la ‘Ley de la granja’. Debes preparar el terreno, plantar la semilla, cultivar y regar si esperas cosechar la cosecha» Stephen Covey

JUNTOS CRECEMOS





JUNTOS CRECEMOS

1. 2ª jornada de recolección de almendro en seto de secano en Córdoba en la finca Tocina de Cortijo La Reina, organizada por AgroSan, CLV AGRO y AGROMILLORA.
2. Agromillora en la presentación de la nueva cosechadora de almendras de New Holland.
3. Club Lecciana conformado por Alfonso di Pietro (Sodioli Srl), Pietro Leone (Tenute Leone Srl), Giorgio Maria di Papa (Umbria Oil International SpA), Paolo Ferretti (Genagricola SpA), Daniele Settesoldi (Frescobaldi SpA), Claudio Palchetti (Antinori SpA), Giordani Edgardo y Aleandro Ottanelli (Università degli Studi di Firenze), Salvatore Camposeo (Università degli Studi di Bari Aldo Moro), Luigi Caricato (Olio Officina), Cristóbal Román (Grupo Elaia), Máximo Cañete (Balam Agriculture), Brígido Chandra y Andrés Salvador (Chandra Agraria), Juan A. Peñamil (Grupo Editorial Mercacei), Antonio López (Vianóleo), Carmelo Sánchez (Terranovus), José Barreto (Sociedade Agrícola do Peso e Monte Branco Lda.), Aurelio Mozo (Algosur), Larsen Karsten (K. Larsen); además de una nutrida representación de Agromillora Group (Giuseppe Rutigliano, Roberto Roberti, José Manuel Lacarte, Jordi Mateu, Manuel López y Pedró J. Diabinho)
4. AGROMILLORA, la Cooperativa ASCO PIEMONTE y FERRERO comparten un viaje técnico buscando soluciones que mejoren la calidad de la avellana y la rentabilidad del agricultor.
5. Juan Peñamil, director de Mercacei, junto a parte del equipo comercial y directivo de Agromillora.
6. Exposición técnica a los clientes del Norte de España.
7. Formación en campo después de la jornada Fuentes de Ebro.
8. CATA DE AOVE junto a los mayores productores.
9. Formación en el Rural Innovation Hub.
10. Formación en olivar, almendros y cítricos en seto con profesores de la Universidad di Milano e Fondazione Minoprio.

AIMBURG

11



15



12



16



13



17



14



18





19



22



23



20



21

JUNTOS CRECEMOS

- 11. Formación junto a Asesoratec.
- 12. Formación en campo durante Demo Olivo 2021.
- 13. Formación sobre el Almendro en Seto a nuestros distribuidores de Portugal.
- 14. Jornada de formación.
- 15. Jornada en Italia con Laimburg.
- 16. Jornada en Talavera de la Reina, LIGNOSUS'21.
- 17. Jornada sobre Rentabilidad del Olivar en Seto, en Sevilla.
- 18. Ignasi Iglesias y acompañantes durante el almuerzo de la jornada de Fuentes de Ebro
- 19. Oyentes durante la jornada realizada en Fuentes de Ebro.
- 20. Sesión de cata de nuevas variedades de olivo en la Cooperativa de Moura-Barrancos.
- 21. Stand Expoliva.
- 22. Visita a Agromillora Túnez.
- 23. Formación en la Universidad de Lleida.

OLINT PEOPLE





1. David Francés (Agerpix) y Ignasi Iglesias (Agromillora) (izquierda) con la tecnología OnFruit 360 acoplada al tractor para estimar el potencial de cosecha en manzana.
2. Visita NUFRI Lleida.
3. 1ª visita a Fidan desde la pandemia, clientes de Georgia int. Almendro en seto.
4. Visita a plantacion de Golden en la Val di Non (Trentino, Italia) con los patrones M9 y G41. De izquierda a derecha: Nicola Dallabetta, Antonio Dal Ri y Ignasi Iglesias.
5. Azienda Larocca en compañía de nuestro distribuidor Mancino Oil.
6. Manzanilla Sevillana, en plena campaña de Foggia, en compañía de nuestro amigo Pierino Leone.
7. Patricio Villalba y Luis Miguel Delgado (Sociedad de Gestión).
8. Jose Antonio Sanchez y Jorge Crespillo posando con una botella Muga en representación de Crespillo Insecticidas.
9. Visita a Jose Ortíz Lavado.
10. 3º Jornada Eco Lleida.



OLINT TV

Aquí podrás encontrar una sección donde VER Y ESCUCHAR muchas de las innovaciones que se están produciendo en el sector agrícola.

Suscríbete y únete a nuestros canales de las Redes Sociales para enterarte de los últimos avances en forma de: #AgroConsejo, ponencias y reportajes.

«Lo que el Almendro me enseñó»

Manuel López se pone a cargo de un reportaje hecho con mucho cariño y en el que algunas de las personas que han apostado por el almendro en seto nos cuentan cuál ha sido su experiencia durante estos últimos 10 años.



Oliana: Variedad para el Olivo en Seto

En esta conferencia, Virginia Pérez, delegada de la zona norte de España, nos explica las características de la variedad Oliana®. Dicha variedad se obtuvo en 1998 de un cruzamiento entre Arbequina y Arbosana, siendo seleccionada de entre 290 genotipos obtenidos, de los cuales 85 fueron preseleccionados atendiendo a caracteres morfológicos de porte, vigor y reducido periodo juvenil.

Después de 15 años de estudios, se ha podido constatar su elevado potencial agronómico, su óptima adaptación al cultivo

superintensivo, especialmente en las zonas Norte de España e Italia. Una variedad adecuada para todas aquellas regiones donde el olivo encuentra dificultades o limitantes. Oliana se preseleccionó inicialmente por tener un corto periodo juvenil, lo cual se asocia a una precoz entrada en producción.

La elevada productividad de Oliana es uno de los caracteres más destacables de esta variedad. Su alta producción anual, considerando su pequeño tamaño y su producción regular todos los años, le confieren un elevado índice productivo.



Aceituna de mesa: Últimas novedades en la mecanización de la recolección

Héctor Rodríguez, delegado de la zona centro de España, nos cuenta que el futuro del sector de la aceituna de mesa y la viabilidad económica de muchas explotaciones está en riesgo. Los costes de la recolección suponen en algunos casos más del 50% de los costes de cultivo.

En un mercado cada vez más competitivo, la única forma que tienen los productores de aumentar su rentabilidad es introducir la mecanización en la recolección.

Si quieres conocer una nueva historia de éxito contada por sus protagonistas, ¡no te pierdas este reportaje!



#ReinventamosLosSecanos La Revolución del Olivar de Secano

Rubén Márquez, delegado comercial de la zona sur de España, ha realizado este reportaje donde nos cuenta como el cultivo del olivo en secano representa más del 77% de la superficie total destinada al cultivo del olivo en el mundo, y España con sus 2,7 millones de hectáreas de cultivo es fiel reflejo de la anterior afirmación ya que el 72% de su superficie de olivar en el año 2012 se desarrollaba en condiciones de secano. Los olivos determinan de manera decisiva la disponibilidad anual de aceite y el precio del mismo a nivel global. Su producción y rendimiento están ligados a las condiciones climáticas anuales, a la fertilidad del terreno que ocupan, y al

fenómeno de la vecería que provoca que a años de grandes cosechas sigan otros de producciones anormalmente bajas.

La continuidad del olivo en secano en el tiempo parece asegurada dada la creciente demanda de aceite por el mercado y las limitaciones de recursos hídricos actuales que dificultan la sustitución de estas hectáreas por otras de regadío. Su escasa rentabilidad sin embargo hace que su viabilidad económica esté muy ligada a la oscilación de los precios del aceite de oliva, y que en condiciones de precios bajos sean las primeras plantaciones en abandonarse o en quedar en situación de “semi-abandono”.



Fundamentos y rentabilidad del cultivo del almendro en seto en seco. Conferencia Online

Ignasi Iglesias, Director Técnico de Agromillora nos profundiza sobre la rentabilidad y fundamentos que tiene una plantación de almendro auto enraizado. El autoenraizado en seto aporta como principales ventajas una mejor tolerancia

a la sequía y un control del volumen de copa, lo que implica una mayor regularidad de las producciones. La entrada en producción más rápida de este sistema con respecto al tradicional viene dada por una mayor densidad de plantación.



Cata de #AOVES de diferentes variedades adaptadas al Cultivo en Seto, por Carmelo Sánchez

Carmelo Sánchez, Socio Gerente de O Cigarral de Viana, realiza una Cata de Aoves y nos muestra las diferentes características que tienen variedades como Arbequina, OAC-01, Lecciana, Oliana y OAC-07.

Una cata que no solo se hablará de sus características agronómicas sino que Carmelo centrará su presentación en todas las características organolépticas que producen estos tipos de aceite. Además, trata el porqué es necesario el surgimiento de nuevas va-

riedades y de qué manera puede afectarnos estas variedades.

Desde hace más de 5 años Carmelo Sánchez se ha incorporado al negocio familiar con la idea de gestionar el desarrollo de sus propias explotaciones, así como de producir su propio aceite en su almazara propia. Entre sus nuevos proyectos está la construcción de una nueva almazara así como la plantación de las nuevas variedades que han surgido.



Nuevas Variedades del Olivar en Seto

Manuel López, Product Manager de la zona sur de España, describe las nuevas variedades existentes para el cultivo del olivo en seto.

En un mundo en constante cambio el sector de aceite de oliva no está quedando al margen. Los consumidores y las comercializadoras demandan nuevos tipos de aceites más estables, saludables, distintos...

Los agricultores necesitan variedades de olivar en seto muy productivas, precoces, de poco vigor y tolerantes al frío.

¿Qué características aportan las variedades Oliana®, Lecciana® y OAC-0501® que no tengan arbequina o arbosana, y qué demanda el sector con especial interés? Te lo explicamos en este video.

Variedades de olivar: Oliana

Fruto del cruce de arbequina (madre) x arbosana (padre).

Variedades de olivar: Lecciana

Variedad obtenida por la Universidad de Bari (Italia), es fruto del cruce de arbosana x leccino italiano.

Variedades de olivar: OAC-0501

Variedad híbrida entre Arbosana x Koroneiki. Es una variedad procedente del programa de mejora genético de la Universidad de Bari. A diferencia de la Lecciana, tiene un vigor más controlado, un vigor similar a Arbequina.



La Senda del Azar. Un documental que narra un antes y un después en el cultivo del olivo

Filmado en seis países y atravesando las zonas de cultivo del olivo de ambos hemisferios, La Senda del Azar rinde homenaje a los pioneros que revolucionaron la producción del aceite de oliva. Compartiendo sus conocimientos y experiencias, agricultores, científicos, inventores y empresarios nos cuentan la historia de la extraordinaria transformación de este comercio tan antiguo en una industria moderna y globalizada.

Han pasado más de 25 años desde que se implemento por primera vez el modelo en seto en el olivar. Aunque en la actualidad sea un sistema de plantación consolidado, en sus inicios todo fueron dudas e incertidumbres. La tesis narrativa de la película gravita alrededor de esa idea: la innovación. En este sentido, la película enfoca este razonamiento desde el inicio del modelo en seto y su evolución hasta el presente.



NUEVA WEB

Blog Olint

Suscríbete ahora y podrás acceder a todos los artículos y contenidos exclusivos.





WELGRÖ POST

Abono foliar PK 12-8 con Boro (B), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo) y Zinc (Zn)



Porque el cuidado de tu cultivo no acaba en la cosecha...



El éxito se alcanza cuando el **RENDIMIENTO ES ALTO**



Todolivo I-15^P *Novedad Mundial*

Una nueva variedad de olivo de tamaño reducido, alto rendimiento graso, especialmente en la cosecha temprana, extraordinaria capacidad productiva (kg aceite/ha) y excepcional AOVE

Idónea para Olivar en Seto

Para ver la **comparativa productiva** de **Todolivo I-15^P** y las **variedades tradicionales**, copia el siguiente enlace en tu navegador: <https://www.todolivo.com/todolivo-i-15-dossier#historic>

Regaber



matholding group

UNIRAM[®]

TUBERÍA DE RIEGO POR GOTEO
AUTOCOMPENSANTE



LA MAYOR GARANTÍA PARA UN CULTIVO DE ALTO VALOR