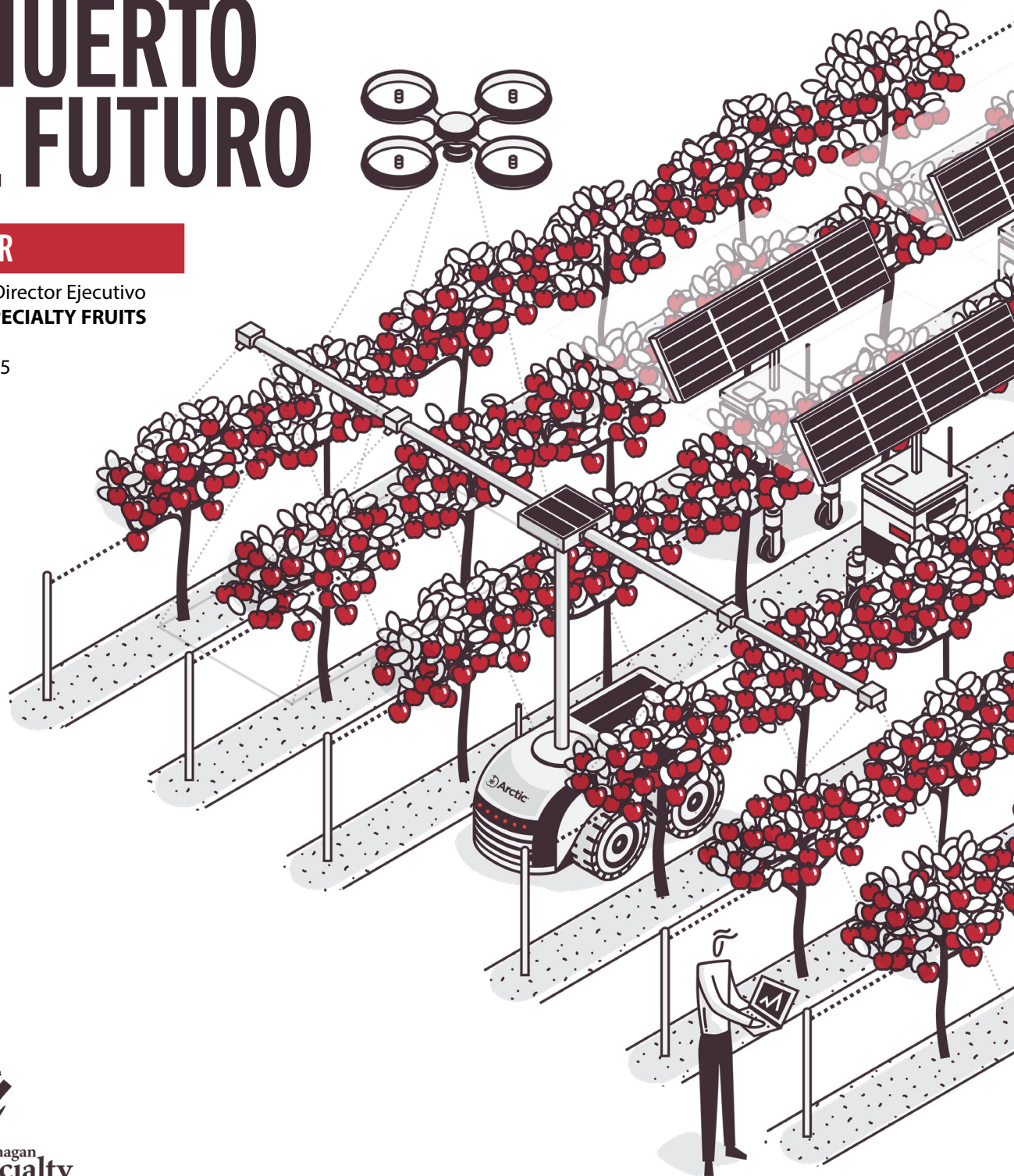


RASGOS Y TECNOLOGIA: DISEÑANDO EL HUERTO DEL FUTURO

NEAL CARTER

Co-fundador y Director Ejecutivo
OKANAGAN SPECIALTY FRUITS

Octubre 20, 2025



AGRADECIMIENTOS

El autor desea reconocer las valiosas aportaciones de Louisa Carter, Dr. David Lane, Don Westcott y Joel Carter, quienes contribuyeron con ideas para este documento. Sarah Evagena y Joan Conrow quienes colaboraron en el desarrollo de este documento. Diseño e Ilustración: Wenceslao Almazán Traducción al español: Luis Ventura Martinez



CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	3
INTRODUCCIÓN	4
ARQUITECTURA DEL ARBOL DE LA MANZANA: UNA RETROSPECTIVA	6
DESAFÍOS QUE ENFRENTA LA INDUSTRIA DE LA MANZANA EN ESTADOS UNIDOS	8
DISEÑANDO EL HUERTO DE MANZANAS DEL FUTURO	10
ADEMÁS DE LA GENÉTICA — USO DE ROBOTS, AUTOMATIZACIÓN E INTELIGENCIA ARTIFICIAL	12
CREANDO EL HUERTO DE MANZANAS DEL FUTURO	13
OTRAS APLICACIONES DE LA TECNOLOGIA	14
CONCLUSIÓN	15

RESUMEN EJECUTIVO

La industria de la manzana en Estados Unidos se encuentra en una encrucijada, enfrentando amenazas existenciales derivadas de la volatilidad económica, la escasez de mano de obra y la inestabilidad climática. Como uno de los sectores agrícolas más emblemáticos de la nación, su declive tendría repercusiones en las economías rurales, poniendo en riesgo empleos, cadenas de suministro y la posición de los Estados Unidos en el mercado global de fruta.

Aunque la industria se ha adaptado continuamente en los últimos 40 años adoptando nuevos enfoques hortícolas, como aumentar la densidad de plantación de árboles, emplear diversas estructuras enrejadas, desarrollando nuevos porta injertos enanizantes y creando innovadoras variedades orientadas al mercado, se ha maximizado su capacidad de modificar el sistema mediante herramientas físicas. Algunas de estas prácticas están contribuyendo a incrementar los desafíos y están llevando a pequeñas operaciones a tener resultados negativos.

Promover la automatización total en la producción de huertos de manzana es la mejor forma de detener el flujo de pérdidas financieras y asegurar la viabilidad continua de la industria del la manzana en Estados Unidos. El huerto del futuro debe construirse sobre una nueva genética y arquitectura arbórea que facilite la automatización.

La mejora genética representa la única opción real de la industria para implementar un sistema disruptivo y transformador en el mercado, capaz de reducir eficazmente las elevadas demandas laborales, las cuales resultan insostenibles económicamente.

Okanagan Specialty Fruits (OSF) propone un enfoque radicalmente distinto para abordar este desafío, que consiste en utilizar herramientas de edición genómica para modificar las características del manzano moderno y, en consecuencia, su arquitectura.

Fundamentalmente, los científicos de OSF modificarán el germoplasma del manzano para que produzca flores y frutos de nuevo crecimiento al modificar la dormancia a cada primavera, a diferencia de los métodos de producción actuales, donde los árboles fructifican al segundo o tercer año. OSF también activará genes que influyen en la fortaleza del tejido leñoso, haciendo que los árboles adopten una posición erguida o esbelta que pueda ser alcanzado con un solo alambre guía horizontal, creando un huerto 100% peatonal. Este arreglo simple del sistema será mucho más fácil y económico de construir.

Esta alteración genética de la arquitectura del árbol de manzano concentrará la zona fructífera en una sola elevación, facilitando que las cosechas sean completamente mecanizadas y un mejor mantenimiento del huerto usando robots e inteligencia artificial, derivando en una reducción significativa de costos.

.....

**SE PROYECTAN AHORROS DE
APROXIMADAMENTE 19,800 A 24,700 USD
POR HECTÁREA, EN COMPARACIÓN CON
LOS COSTOS ACTUALES DE PRODUCCIÓN
DE 34,600 A 39,500 USD POR HECTÁREA.**

.....

Dentro de tres años tras iniciar la investigación, OSF podría tener árboles en invernaderos listos para ser trasladados a campo, constituyendo una solución oportuna y realista a los problemas clave que enfrentan actualmente los huertos de manzano en los Estados Unidos. Podría tomar de 10 a 20 años implementar completamente el programa en el huerto de manzanas del futuro. Pero con cientos de miles de hectáreas por plantar sólo en Estados Unidos—y con implicaciones positivas para otros cultivos frutales y en otras geografías—los actores involucrados disponen de una amplia oportunidad sólida para obtener un retorno de inversión. Manos a la obra.

INTRODUCCIÓN

La industria de la manzana de los Estados Unidos enfrenta desafíos económicos profundos, derivados del cambio climático que amenazan su viabilidad a corto y largo plazo. Dada su importancia en el sector agrícola nacional, no resolver estos impactos de manera rápida y proactiva tendrá como consecuencia efectos socioeconómicos adversos.

Los Estados Unidos es el tercer mayor productor mundial de manzanas, después de China y Turquía, y las manzanas son la segunda fruta más producida en el país, después de las uvas¹. La industria manzanera de los Estados Unidos está valorada en aproximadamente \$23 mil millones USD, generando \$3.3 mil millones USD anualmente en ingresos en la puerta de la finca. Como tal, representa un jugador significativo a la economía de los EU, apoyando alrededor de 150,000 empleos y generando más de \$8 mil millones USD anuales en salarios².

La industria de la manzana de los Estados Unidos produce aproximadamente 5 millones de toneladas de fruta (265 millones de bushels) anualmente.² En el año calendario 2023/24 (julio-junio), Estados Unidos exportó más de 42 millones de bushels de manzanas frescas —principalmente a México y Canadá— mientras importó solo 4 millones de bushels con un valor neto de exportación cercano a los \$918 millones.³ No obstante, ambos mercados de exportación están incrementando su producción, con la cosecha de México proyectada para expandirse alrededor del 1%, hasta 43 millones de bushels y la de Canadá en un 7%, hasta casi 21 millones de bushels.²

Aunque las manzanas se cultivan en los 50 estados, Washington es el principal productor, con una cosecha estimada de casi 179 bushels valorada en cerca de \$2.2 mil millones de USD. Le siguen Nueva York (31 millones de bushels) y Michigan (aproximadamente 29 millones de bushels).²

PRINCIPALES PRODUCTORES DE EU

1. WASHINGTON

179 MILLONES DE BUSHELS

(\$2 MIL MILLONES DE USD CADA AÑO)

2. NEW YORK

31 MILLONES DE BUSHELS

3. MICHIGAN

29 MILLONES DE BUSHELS

4. CALIFORNIA

5.48 MILLONES DE BUSHELS

5. VIRGINIA

4.75 MILLONES DE BUSHELS



5 PRINCIPALES MERCADOS DE EXPORTACION DE LOS EU



2024

\$756 MILLONES DE USD

1 <https://worldstats.com/agriculture-food/apple-production-by-country/>

2 <https://usapple.org/industry-at-a-glance>

3 https://usaa.memberclicks.net/assets/USApple_OutlookReport_2024.pdf

* 1 bushel de manzana es aproximadamente 20kg

LA INDUSTRIA DE LA MANZANA DE LOS EU



VALOR:

\$23 MIL MILLONES

INGRESOS ANUALES DE LA GRANJA:

\$3.3 MIL MILLONES



PRODUCCION ANUAL PROMEDIO:

5 MILLONES DE TONELADAS DE FRUTA
(265 MILLONES DE BUSHELS)

MERCADO DE EXPORTACIÓN:

42 MILLONES DE BUSHELS
DE MANZANAS FRESCAS



VALOR NETO DE LA EXPORTACION:

CASI \$918 MILLONES DE USD

TEMPORADA
2023-24:
288.8 MILLONES
DE BUSHELS



TEMPORADA
2024-25:
259.5 MILLONES
DE BUSHELS

NUMERO DE
PRODUCTORES EN
LOS ESTADOS
UNIDOS:

≈5,000



Aproximadamente el 67 % de la cosecha se cultiva para consumo fresco.² Como la manzana es la fruta más consumida en E.U.,² también desempeña un papel importante en ayudar a los consumidores a cumplir con los objetivos alimenticios asociados con una buena salud.

Con la producción estadounidense en niveles históricos o cercanos a ellos y las exportaciones por debajo de niveles históricos, los precios cayeron continuamente durante la temporada 2023-24 debido al aumento en los costos de mano de obra, combustible y fertilizantes, resultando en retornos negativos para la mayoría de las operaciones.² Aunque estos desafíos son multifactoriales, se basan en prácticas hortícolas—específicamente, en los sistemas de plantación intensiva que la industria ha adoptado durante los últimos 40 años.



ARQUITECTURA DEL ÁRBOL DE LA MANZANA: UNA RETROSPECTIVA

Tradicionalmente, los huertos comerciales de manzanos se plantaban con una densidad de unos 247 árboles por hectárea, separados entre sí por 6 metros, lo que daba a cada árbol 37 metros cuadrados de espacio. Hasta finales de la década de 1970, la arquitectura de los árboles era neutral, con un centro abierto y libre. A medida que los árboles crecían, se cortaban las copas y se extendían las ramas inferiores. Los agricultores podían pasar un día entero podando un solo árbol. Por lo general, se tardaban ocho años en conseguir que un solo árbol alcanzara una producción significativa.

En la década de 1980, los agricultores reconocieron que era necesario hacer cambios, ya que se habían introducido nuevas variedades de manzanos. La densidad de en los huertos se duplicó con una densidad cercana a 500 árboles por hectárea, plantados a un espaciamiento de 3.7×5.5 metros. Esto desencadenó una tendencia de mejora continua en la arquitectura de los árboles.

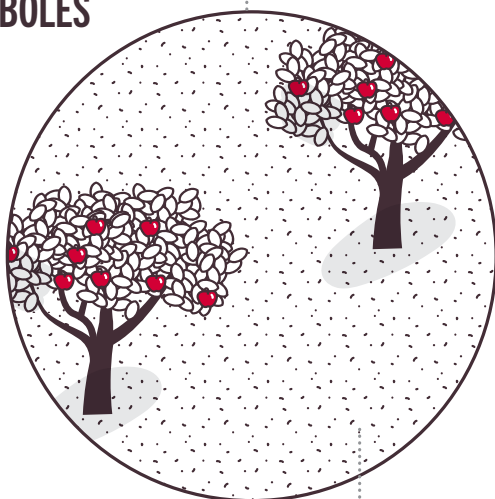
A medida que los porta injertos enanos se hicieron más populares. Europa lideró el movimiento hacia las plantaciones con densidad extremadamente alta, 1,480 a 1,980 árboles por hectárea, plantados con una separación de 1.22 metros, utilizando un modelo en forma de bloque. Cada árbol tenía que ser apoyado en un poste que sirve como soporte ante la falta de porta injerto para sostener la estructura de forma independiente. En 2010, en los Estados Unidos se utilizaba el modelo de bloque súper cilíndrico para sostener árboles con una densidad de 1,480 a 1,980 árboles por hectárea. El bloque cilíndrico fue construido con un enrejado, con árboles plantados a una distancia entre 60 y 120 cm entre sí, en hileras de 3 metros de ancho y que crecían hasta alcanzar la misma altura que la distancia entre hileras. Los huertos se convirtieron en unidades bidimensionales, similares a un muro frontal, para maximizar la penetración de la luz y mantener el pasillo libre para los tractores. Sin embargo, con el tiempo, incluso este enfoque no logró alcanzar la productividad necesaria para mantener la viabilidad económica de un huerto.



**DENSIDAD
DE LOS
ÁRBOLES**

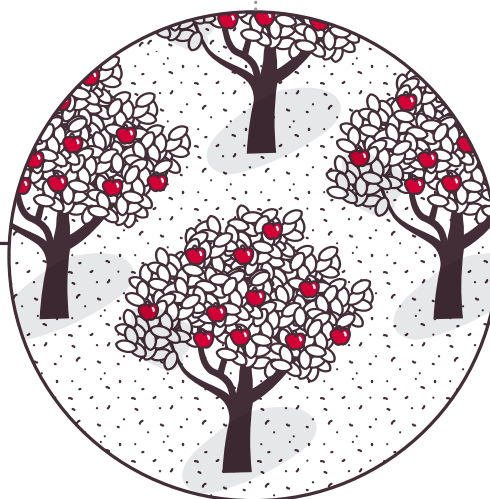
MEDIADOS-1980s

**499 ÁRBOLES POR
HECTAREA**



2010-2020:

**1480-1980 ÁRBOLES
POR HECTAREA**



Distancia histórica
entre árboles:
6X6 METROS

En respuesta, los agricultores comenzaron a experimentar con una estructura de espaldera en forma de V, situada a 45 grados de la vertical, con una gama de nuevos porta injertos y un enfoque en nuevas variedades selectas de alta coloración. Este enfoque buscaba mejorar la productividad al permitir que los árboles recibieran la mayor cantidad de luz solar posible. Las espalderas eran estructuras muy robustas porque el porta injerto era insuficiente para sostener los árboles. Sin embargo, a medida que la fruta se volvía demasiado pesada para la espaldera, un fuerte viento podía provocar un colapso, dañando árboles que normalmente eran frágiles en la zona donde el porta injerto se injertaba en el vástago. La arquitectura de estas espalderas en V se fue estrechando cada vez más, disminuyendo de 45 grados a 22,5 grados y luego a 12 grados, y algunos productores finalmente volvieron a las espalderas verticales. Aunque los enrejados verticales son menos costosos de construir, con un promedio de \$6,200 USD por hectárea, en comparación con \$19,800 - \$24,700 USD por hectárea de los enrejados en V, el modelo de enrejado en V todavía se usa en la mayoría de las nuevas plantaciones en el estado de Washington.

Impulsada por una mayor productividad y la buena rentabilidad de las variedades premium, la industria norteamericana de la manzana comenzó a expandirse en 2010, a medida que los productores plantaban nuevos bloques de árboles y experimentaban con nuevas variedades. El costo promedio de establecer un nuevo huerto para producir variedades premium ascendió a 185,000 USD y 247,000 USD/ha, incluyendo los costos de compra del terreno, plantación de los árboles, montaje de las espalderas y el acomodo manual de los árboles en cada uno de los numerosos alambres de estas espalderas en V. Estos elevados costos se vieron respaldados por la buena rentabilidad de las variedades premium.

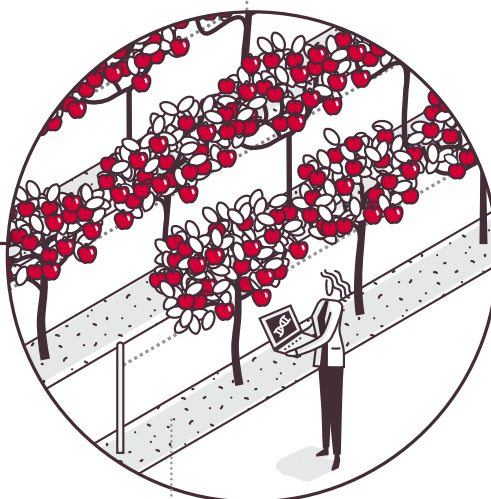
Pero con la llegada de la COVID-19 en 2020, los hábitos de compra de los consumidores cambiaron. Al pasar a comprar bolsas de manzanas en línea, el precio premium desapareció repentinamente. El producto ya no podía costear el sistema de arquitectura arbórea, que es complejo, costoso y laborioso aún prevalece en la mayoría de los huertos. Desde entonces, la situación no ha hecho más que empeorar.

PRESENTE: **2,470-7,410 ÁRBOLES** **POR HECTAREA**



Espaciamiento actual
entre árboles:
1X3 METROS

GRANJA DEL FUTURO: **4,450 ÁRBOLES** **POR HECTAREA**



HUERTO DEL FUTURO
espaciamiento entre hileras:
1.2 METROS DE DISTANCIA

DESAFÍOS QUE ENFRENTA LA INDUSTRIA DE LA MANZANA EN ESTADOS UNIDOS



MANO DE OBRA

2024

- Los costos laborales representaron el **99%** de los ingresos que los productores recibieron por cada contenedor en 2024.

2024

- La mano de obra representa mas del **60%** de los costos totales de producción

2013

- Los costos laborales representaron el **37%** de los ingresos que los productores obtenían por cada caja



NUMERO DE TRABAJADORES TEMPORALES EN LA INDUSTRIA DE LA MANZANA EN WASHINGTON: DE 40,000 A 50,000



USO DE ROBOTICA: PODRIA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UN 25-30%

Si bien el sistema de espaldera en V ha incrementado la producción, también ha incrementado los costos de operación y la demanda de mano de obra. El aumento de los costos laborales es el principal desafío para la viabilidad continua de la industria estadounidense de la manzana. Los costos laborales comenzaron a aumentar en 2020 durante la pandemia de COVID-19 y han mantenido una tendencia al alza. En los últimos 10 años, los costos laborales por contenedor de manzanas se han más que duplicado para los productores de Washington que utilizan el programa de visas para trabajadores temporales H-2A, en comparación con la inflación del 30% en la economía estadounidense durante el mismo período. En 2013, la mano de obra representaba el 37% de las ganancias que los productores recibían por contenedor, una cifra que aumentó al 99% para 2024, lo que hace prácticamente imposible sobrevivir, y mucho menos obtener ganancias.⁴ La mano de obra ahora representa más del 60% de los costos totales de producción, una cifra que puede aumentar aún más si los agricultores proporcionan alojamiento a los trabajadores. Washington, que emplea aproximadamente entre 40.000 y 50.000 trabajadores temporales al año,⁵ es actualmente el estado en los Estados Unidos donde la mano de obra agrícola es más cara.

Otro inconveniente de los enrejados en V es el desafío que crean para los sistemas de cosechadoras robóticas, que tienen el potencial de reducir en

gran medida los costos laborales y las necesidades de infraestructura laboral, como alojamiento para trabajadores y cuotas de contratación. Actualmente, los robots recolectan solo un pequeño porcentaje de la cosecha de manzanas de los E.U. pero la asistencia para la cosecha, como en las plataformas recolectoras con sistemas de transporte, son cada vez más comunes. Si bien la cosecha robótica aún no es tan usada, se prevé que con el tiempo se convertirá en una herramienta de automatización común; sin embargo, el costo es alto y no está claro cómo podrán costearlo los agricultores actuales.

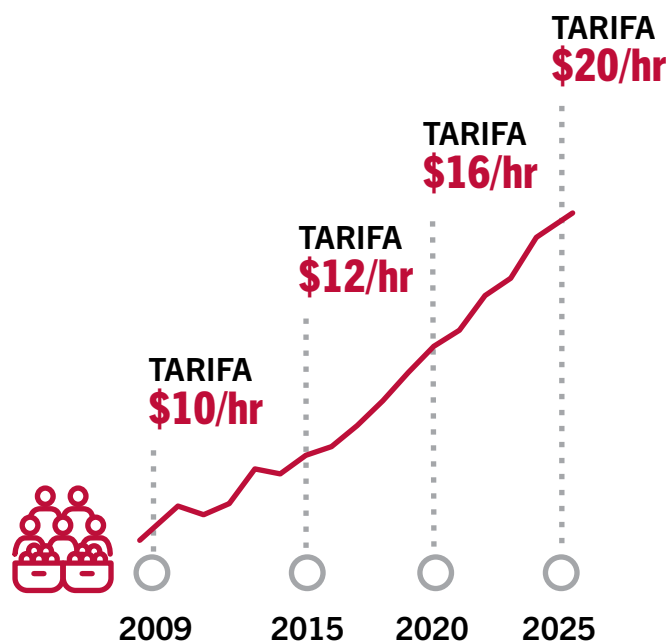
El mantenimiento de árboles que suelen alcanzar una altura de 3 metros requiere que la mayoría de los agricultores adquieran plataformas para trabajadores o recolectores, cuyo costo oscila entre 50,000 y 150,000 dólares. Las plataformas, ya sean autopropulsadas o remolcadas por un tractor, se desplazan entre las hileras de árboles y elevan a los trabajadores hasta el nivel de la fruta. Los productores también utilizan escaleras, que son difíciles de transportar y aumentan el riesgo de caídas y otros accidentes, así como las indemnizaciones laborales asociadas. Además, son ineficientes, ya que los trabajadores dedican hasta un tercio de su tiempo a mover y colocar las escaleras.⁶ Ya sea en plataformas o escaleras, los recolectores colocan las manzanas en bolsas que cuelgan sobre sus hombros y las vacían en contenedores cuando se llenan.

⁴ <https://goodfruit.com/a-new-look-at-labor-costs-for-apple-growers/>

⁵ <https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2023/june/advancements-in-apple-picking-an-industry-addresses-tight-farm-labor-markets#:~:text=However%2C%20as%20the%20Nation's%20top,in%20that%20State%20each%20year>

⁶ <https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2023/june/advancements-in-apple-picking-an-industry-addresses-tight-farm-labor-markets>

INCREMENTO DE LOS COSTOS LABORALES⁷



Fuente: Departamento de Labor, varios años

Los agricultores han comenzado a doblar los árboles, experimentando con un sistema de guía de árboles con múltiples montantes, ramas más cortas y menor volumen. Si bien simplifica la poda, sigue siendo una actividad muy intensiva, ya que se necesitan trabajadores de campo para podar y guiar los árboles hasta el alambre. Los árboles también tienden a debilitarse al doblarse, lo que los hace más susceptibles a los fuertes vientos y otros factores dañinos. Este enfoque no resuelve los problemas que enfrenta la industria.

La industria estadounidense de la manzana enfrenta graves desafíos, en gran parte debido a la arquitectura de sus plantas. Las pequeñas operaciones de menos de 20 hectáreas son las que enfrentan mayores dificultades. Solo en Washington, 187 huertos cerraron entre 2017 y 2022, y quedando solamente 2335.⁸

⁷ Gallardo, R.K., S.P. Galinato, and B. Sallato-Carmona. 2025. "2024 production Costs and Returns of WA Grown Apples". Presentation at the Apple Crop Protection Meetings of the Washington State Tree Fruit Commission. January 30.

⁸ <https://missoulacurrent.com/washington-apple-farmers/>



PROBLEMAS DE PRODUCCION Y COSECHA

MAGULLADURAS:
5-30% DE LA FRUTA
Dañada durante la cosecha

ENFERMEDADES:
\$100 MILLIONES DE DOLARES
Pérdidas anuales

REPLANTACION POR ENFERMEDAD:
173,000 y 371,000 DÓLARES
Por hectarea en pérdida de productividad durante la vida útil de la plantación (aprox. 20 años)



CLIMA EXTREMO:

HELADAS DE PRIMAVERA:
30-80% REDUCCIÓN DE LA PRODUCCIÓN
Potencialmente 100% pérdida)

DISEÑANDO EL HUERTO DE MANZANAS DEL FUTURO

Facilitar la automatización casi total de la producción de huertos de manzanas es la mejor manera de recuperar la rentabilidad y garantizar la viabilidad continua de la industria estadounidense de la manzana. Emplear herramientas digitales para crear un huerto inteligente no es suficiente. El huerto del futuro debe construirse sobre una nueva genética y un nuevo paradigma de arquitectura arbórea.

La industria de la manzana ha sobrevivido hasta la fecha gracias a la introducción de nuevos sistemas de plantación de árboles y plataformas arquitectónicas, pero ha maximizado su capacidad para transformar el sistema mediante herramientas físicas como espalderas, poda y espaciamiento entre árboles. La genética mejorada representa la única opción real de la industria para implementar un sistema revolucionario que revolucione el mercado y reduzca eficazmente la alta demanda de mano de obra, que resulta económicamente insostenible. Okanagan Specialty Fruits (OSF) propone un enfoque muy diferente para este desafío: emplea herramientas de edición genómica para alterar las características del manzano moderno y, por lo tanto, su arquitectura.

En esencia, los científicos de OSF modificarán el germoplasma del manzano para que produzca flores y frutos en los nuevos brotes que se desarrollan tras romper la latencia cada primavera, a diferencia de los métodos de producción actuales, donde los árboles producen frutos en el segundo o tercer año. OSF también modificará genes que influyen en la resistencia de la madera, haciendo que los árboles adopten un porte erguido o esbelto.

Una vez que los árboles se han establecido y están produciendo madera nueva, la industria puede crear estructuras similares a las espalderas para uvas. El vástago injertado en el porta injerto se elevaría hasta la cintura y se guiaría sobre un cordón horizontal de alambre creando un huerto verdaderamente peatonal. Este sencillo sistema de espaldera será mucho más fácil y económico de construir. La arquitectura principal del árbol consistirá en un sistema de raíces y tronco perennes guiado a lo largo del cordón de alambre. Cada temporada, los brotes de esta estructura brotarán permanente para crear nueva madera fructífera. Se podrán utilizar reguladores de crecimiento y herramientas existentes para controlar la extensión y el crecimiento de los brotes, así como la carga de cultivo que esto generará.

Se espera que un enfoque de plantación tendrá una densidad de árboles de aproximadamente 1.800 árboles por acre.

La poda sería muy sencilla: un corta setos que se desplazaría horizontalmente a lo largo de las hileras, cortando la madera del año pasado, potencialmente en varias hileras a la vez.

Las nuevas ramas crecerían de 45 a 75 cm de largo, similar a las de uva, y caerían al suelo para descomponerse, eliminando así la necesidad de cortar las ramas más grandes de los árboles actuales. La poda se automatizaría por completo, eliminando la necesidad de plataformas y escaleras. Para la mayoría de los agricultores, los costos de poda se reducirían del actual costo anual de \$2,500 - \$3,000 USD/ha al año a alrededor de \$125 USD/ha similar al costo actual de cortar el césped.

Las manzanas colgarían de los nuevos brotes que crecen cada año para ser cosechadas mecánicamente. Aunque cada árbol no produciría tanto como uno de 3 metros de altura hoy en día, la producción podría aumentarse espaciando las hileras más cerca (a 1,2 metros de distancia, con un carril para tractor de 1,8 metros de ancho cada cinco hileras), en una configuración similar a un sistema de cultivo en hileras.

Una menor producción también significa menos manzanas que aclarar, un proceso que podría realizarse químicamente para reducir aún más los costos de mano de obra. La verdadera ventaja sería la concentración de la fruta en una sola zona. Esto facilitaría el tratamiento fitosanitario mediante equipos autónomos (drones o pulverizadores autónomos) y la cosecha mecánica con una cosechadora robótica, todo en un mismo nivel. Concentrar la zona frutal en una elevación supone un gran beneficio para todas las actividades de mantenimiento y cosecha del huerto. Mantener un huerto con menos árboles también facilitaría tratamientos específicos para responder a las bajas temperaturas. Se podrían instalar aspersores sobre la copa del árbol para calentar un huerto en lugar de los aerogeneradores de 15 metros de altura que se utilizan actualmente para proteger un huerto completo.

En respuesta a plagas o enfermedades de las plantas, se aplicarían productos fito sanitarios mediante drones o mediante una barra que cubra varias hileras a la vez, como se hace habitualmente en la producción de cultivos en hileras.

Al incorporar otros rasgos genéticos, como la inhibición de PPO y la resistencia a las enfermedades, así como rasgos atractivos para el consumidor relacionados con el sabor y el color, OSF crearía un huerto muy adecuado a las futuras consideraciones ambientales y demandas de los consumidores, al tiempo que minimizaría la mano de obra.

Este enfoque genéticamente informado para la arquitectura de las plantas tiene el potencial de generar los rendimientos que los agricultores buscan para operaciones productivas mientras producen mucha menos biomasa y requieren menos mano de obra.

Estimamos que se podrían lograr ahorros de \$19,800 a \$24,700 USD por hectárea en comparación con los costos actuales de \$34,600 a \$39,500 USD por hectárea

Los agricultores podrían ahorrar \$2,470 por hectárea eliminando únicamente la poda, una hazaña que actualmente no se puede lograr sin alterar la genética del árbol. Si bien algunos agricultores podrían intentar lograr la plataforma arquitectónica que describimos sin alterar la genética de los árboles, aún incurrirían en altos costos de mano de obra para atar, guiar, manipular y podar las plantas, lo que hace que este enfoque sea económicamente inviable.



AHORROS PREVISTOS CON LAS GRANJAS DEL FUTURO

**AHORRO TOTAL EN PRODUCCION:
20 A 25 MIL DÓLARES POR
HECTÁREA**

**PODA:
\$2,470 DÓLARES POR
HECTÁREA**

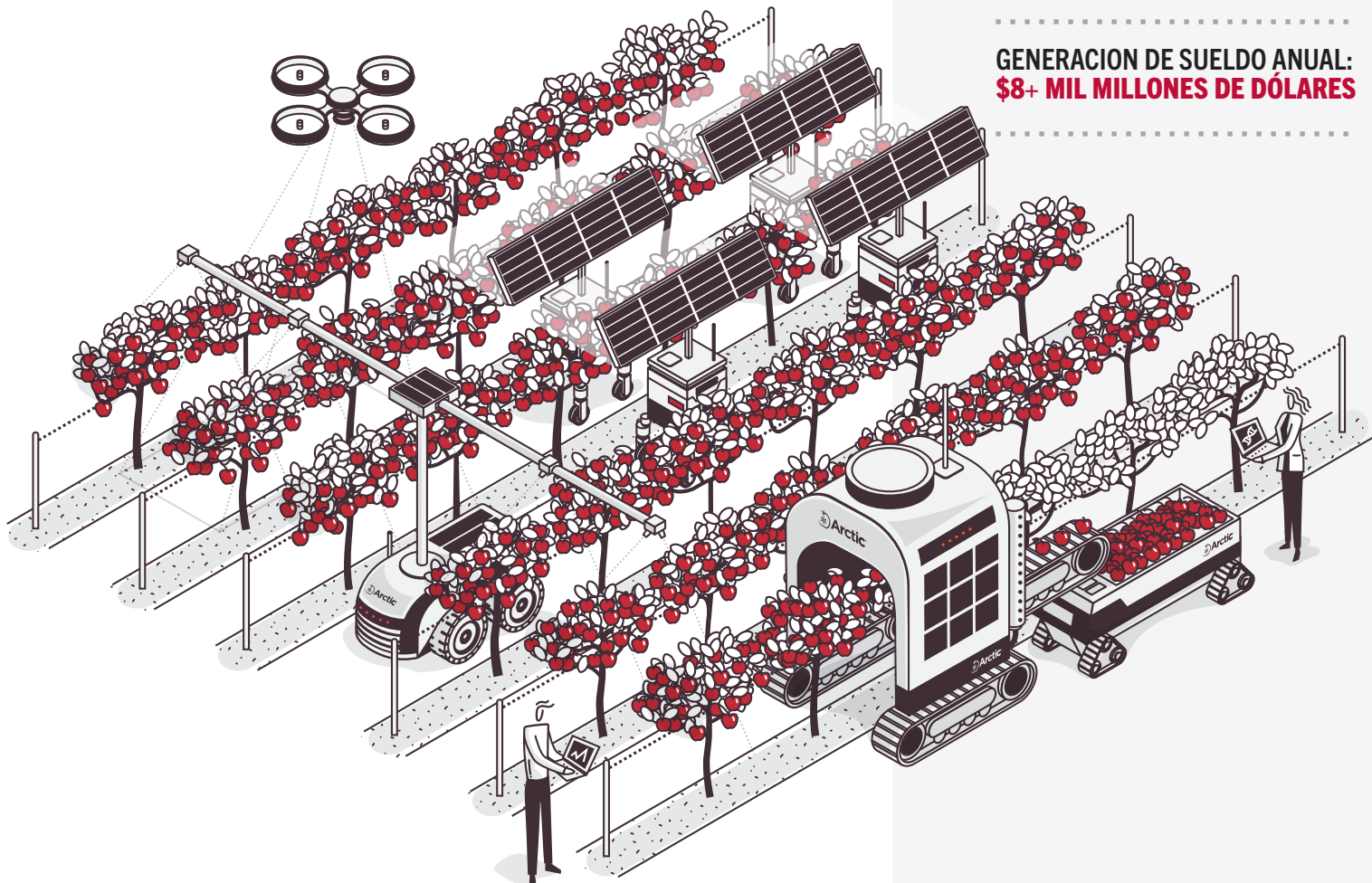
**PRODUCTOS QUIMICOS:
50% EN PROMEDIO**

**CONSTRUCCION DE ENREJES:
75% EN PROMEDIO**

**USO DE AGUA:
60%**

**IMPACTO EN EL EMPLEO:
150,000 TRABAJOS**

**GENERACION DE SUELDO ANUAL:
\$8+ MIL MILLONES DE DÓLARES**



ADEMAS DE LA GENÉTICA — USO DE ROBOTS, AUTOMATIZACION E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

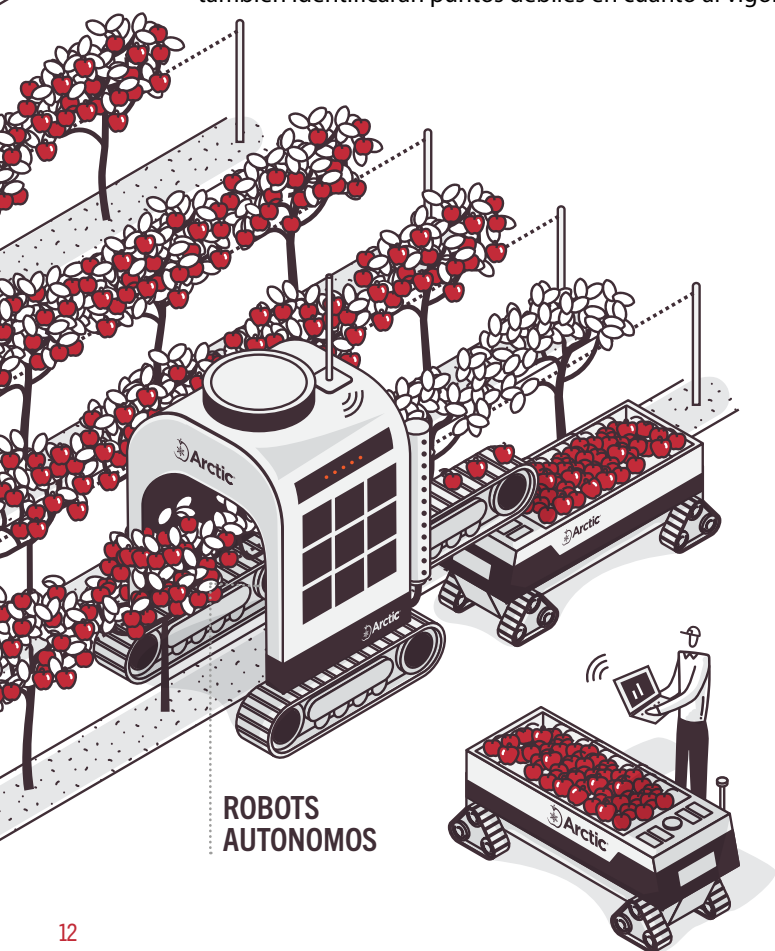
En la actualidad, los agricultores de manzanas envían un UTV o un tractor con un sistema de visión frontal a lo largo de una hilera de árboles para calcular la cantidad de manzanas, el volumen de los árboles y otros datos agronómicos. Esta información se utiliza para planificar las acciones de gestión del huerto y tomar decisiones basadas en datos que optimicen el rendimiento y minimicen los costos. La arquitectura del manzano del futuro facilitará un sistema de captura de datos mucho más eficaz que utiliza herramientas de inteligencia artificial (IA) para generar una relación costo-beneficio del análisis de la gestión de la carga de cultivo y estrategias de control de plagas y enfermedades. Las herramientas de IA también identificarán puntos débiles en cuanto al vigor

de los árboles e identificarán ajustes útiles en nutrición y/o riego que puedan aumentar la producción de manzanas. Las herramientas de recolección de datos, como cámaras, sensores, LIDAR y drones, pueden asumir la función de un asesor hortícola. Esto libera al personal que podría no tener el tiempo o la experiencia para revisar y evaluar los datos de los sensores recopilados en los huertos, lo que resuelve un desafío importante en los huertos modernos. La IA puede identificar las principales prioridades en cuanto a las necesidades de riego del huerto, la presión de plagas y otros problemas.

La cosecha se puede facilitar mediante el uso de robots autónomos que recogen las manzanas y las transportan a centros de almacenamiento o procesamiento. Estos robots pueden modificarse para realizar diversas actividades, como el control de malezas, la siega del huerto y la protección de cultivos, a una fracción del costo actual de un tractor y un operador. El huerto de manzanas del futuro podría emplear una gama de equipos autónomos, incluyendo tractores y equipos con doble función, como pulverizadores y cosechadoras mecánicas. Algunos de estos equipos ya se utilizan en viñedos de Francia y en el norte de Italia.⁹

Muchas de estas tecnologías y sistemas que reducen la mano de obra ya se están desarrollando, como la cosecha y el mantenimiento autónomos; las podadoras y limpiadoras robóticas; las cosechadoras con clasificación en el campo; las combinaciones de pulverizador, segadora y desmalezadora; así como las estaciones meteorológicas en malla con gestión integrada del micro clima y cámaras para monitorear la presión de las plagas para detectar patógenos transmitidos por el aire; el riego por debajo de las hileras y la fertirrigación; la protección contra las heladas mediante nebulización con ventiladores eléctricos; los calentadores radiantes; y los drones enfocados a la polinización.

Mediante la robótica, la automatización y la inteligencia artificial, la granja del futuro reduciría en gran medida la necesidad de mano de obra no calificada y, al mismo tiempo, crearía una demanda de expertos en informática y tecnología de la información en el sector agrícola.



⁹ <https://www.youtube.com/watch?v=rr52cJ471nc>

CREANDO EL HUERTO DE MANZANAS DEL FUTURO

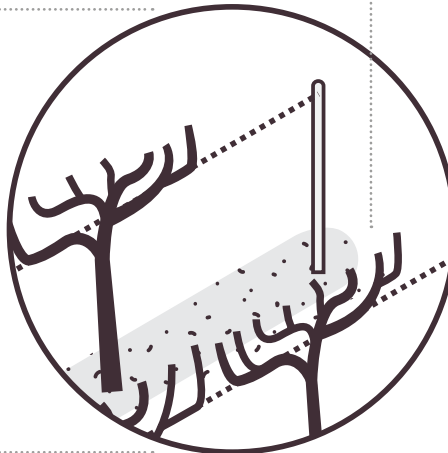
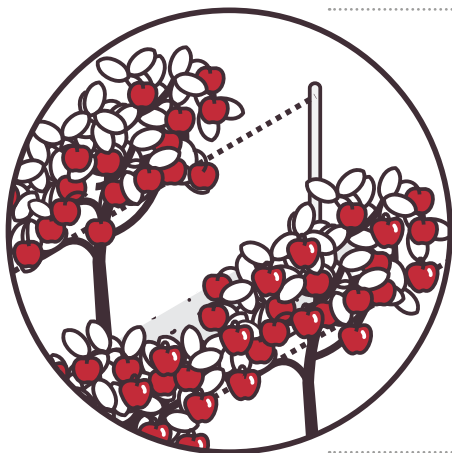
OSF actualmente conoce y tiene acceso a todos los genes necesarios para realizar las manipulaciones de germoplasma descritas anteriormente. La floración y fructificación nueva en madera es un rasgo genético, al igual que la resistencia a enfermedades para reducir el uso de productos fitosanitarios, y el rasgo de supresión de PPO de OSF, que facilita la automatización al reducir el podamiento superficial que causa magulladuras.

Dentro de los tres años siguientes al inicio de la investigación, OSF podría tener árboles en el invernadero destinados a los campos. Surgirá información sobre qué raíces funcionan mejor para una plataforma de fructificación de alta calidad y rendimiento. Los árboles con genoma editado se guiarán rápidamente hacia el enrejado horizontal simple y una o dos temporadas de crecimiento serán suficientes para la evaluación de los ensayos de campo. Dentro de los cinco años siguientes del inicio de la investigación, se podría cosechar la fruta del sistema de OSF. A partir de ahí, OSF aprovecharía la investigación en curso y trabajaría para integrarla en esta plataforma.

Esto implicará otras características genéticas, como la resistencia a enfermedades, la auto poda, la resiliencia climática y la tolerancia a las heladas. La genética también se utilizaría para producir la cantidad deseada de lignina, que determina la rigidez de la madera en una rama de nuevo crecimiento.

Los agricultores suelen ser estar en contra a eliminar un huerto existente, que suele durar mientras el huerto sea rentable. Pero pocos lo son ahora, así que es el momento adecuado para explorar nuevos sistemas y métodos de plantación. Aproximadamente el 5% de un huerto necesita ser renovado cada año. Los agricultores podrían incorporar este sistema gradualmente aplicando un injerto con la nueva genética en un árbol existente o plantando árboles nuevos en un huerto existente. Dado que los agricultores suelen hacer lo que pueden, algunos probablemente intentarían aplicar la nueva genética a sistemas que ya conocen, porque es lo que tienen y con lo que funciona su equipo. Incluso si adoptaran este enfoque y contaran con un sistema híbrido, sería un sistema más sencillo que el que se utiliza actualmente.

OSF visualiza la explotación de manzanas del futuro como un sistema completamente nuevo, con características más parecidas a las de una plantación de uvas que a las de un huerto de manzanas. Es fundamental desarrollar un sistema que funcione y complemente la forma en que el árbol desea crecer, en lugar de ir en contra de sus tendencias naturales. La fruta en madera del año es la diferencia clave que se puede alcanzar mediante la edición genómica realizada por OSF.



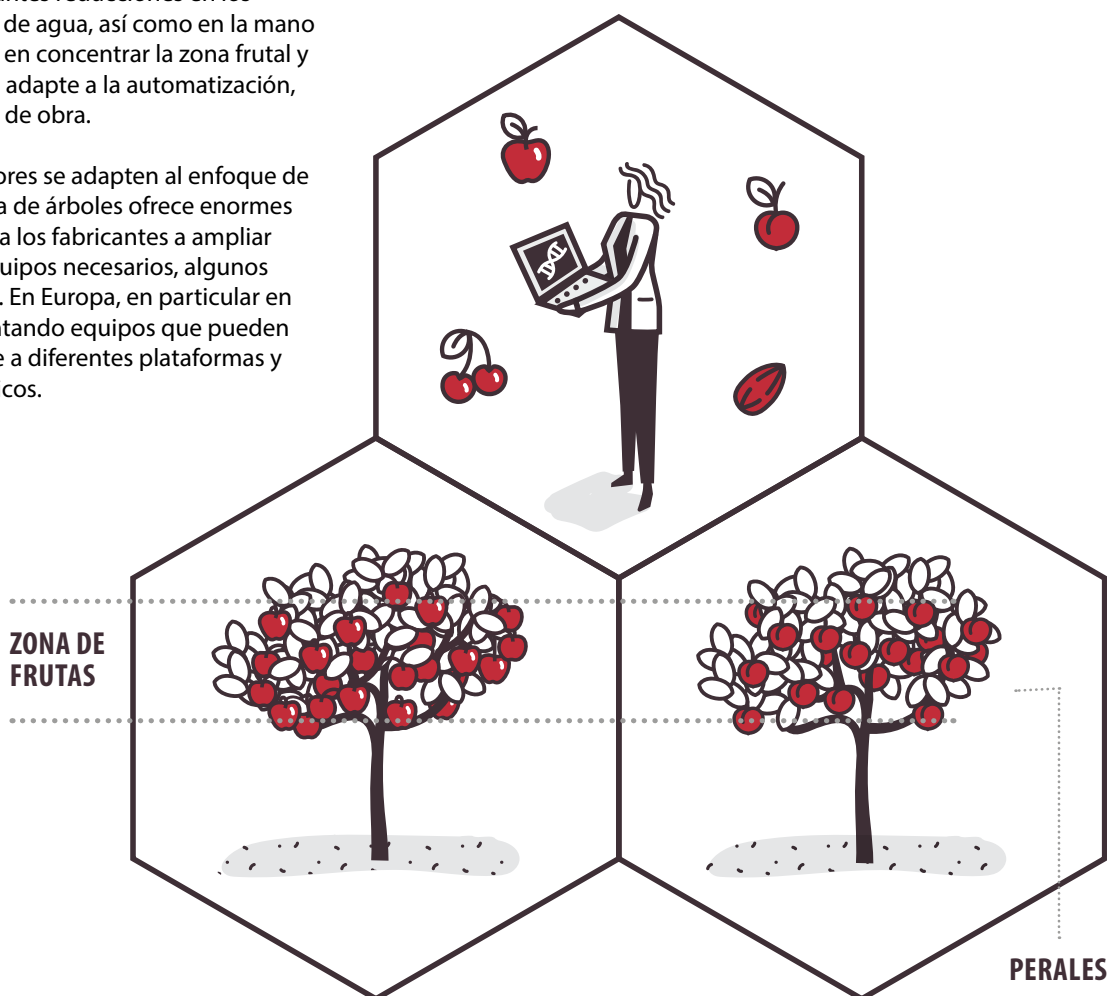
**ATRIBUTOS MÁS
SIMILARES A LOS
DE UN VIÑEDO,
QUE A UN HUERTO
DE MANZANOS**

OTRAS APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA

Además de OSF, actualmente nadie está trabajando con el enfoque hacia la arquitectura de los árboles desde la perspectiva de la edición genómica. Algunos laboratorios de investigación en Alemania y Nueva Zelanda están empezando a trabajar con germoplasma convencional, aunque investigan árboles de durazno, almendro y cerezo que crecen en forma columnar, como los que adoptó la industria estadounidense de la manzana hace 40 años.

OSF prevé que su enfoque genético para la explotación de manzanas del futuro será rápidamente imitado por los productores de peras y almendras, atraídos por las importantes reducciones en los costes de riego y el uso de agua, así como en la mano de obra. La clave reside en concentrar la zona frutal y crear un sistema que se adapte a la automatización, reduciendo así la mano de obra.

Lograr que los fruticultores se adapten al enfoque de OSF para la arquitectura de árboles ofrece enormes ventajas, ya que anima a los fabricantes a ampliar la producción de los equipos necesarios, algunos de los cuales ya existen. En Europa, en particular en Italia, ya está implementando equipos que pueden modificarse y adaptarse a diferentes plataformas y propósitos arquitectónicos.



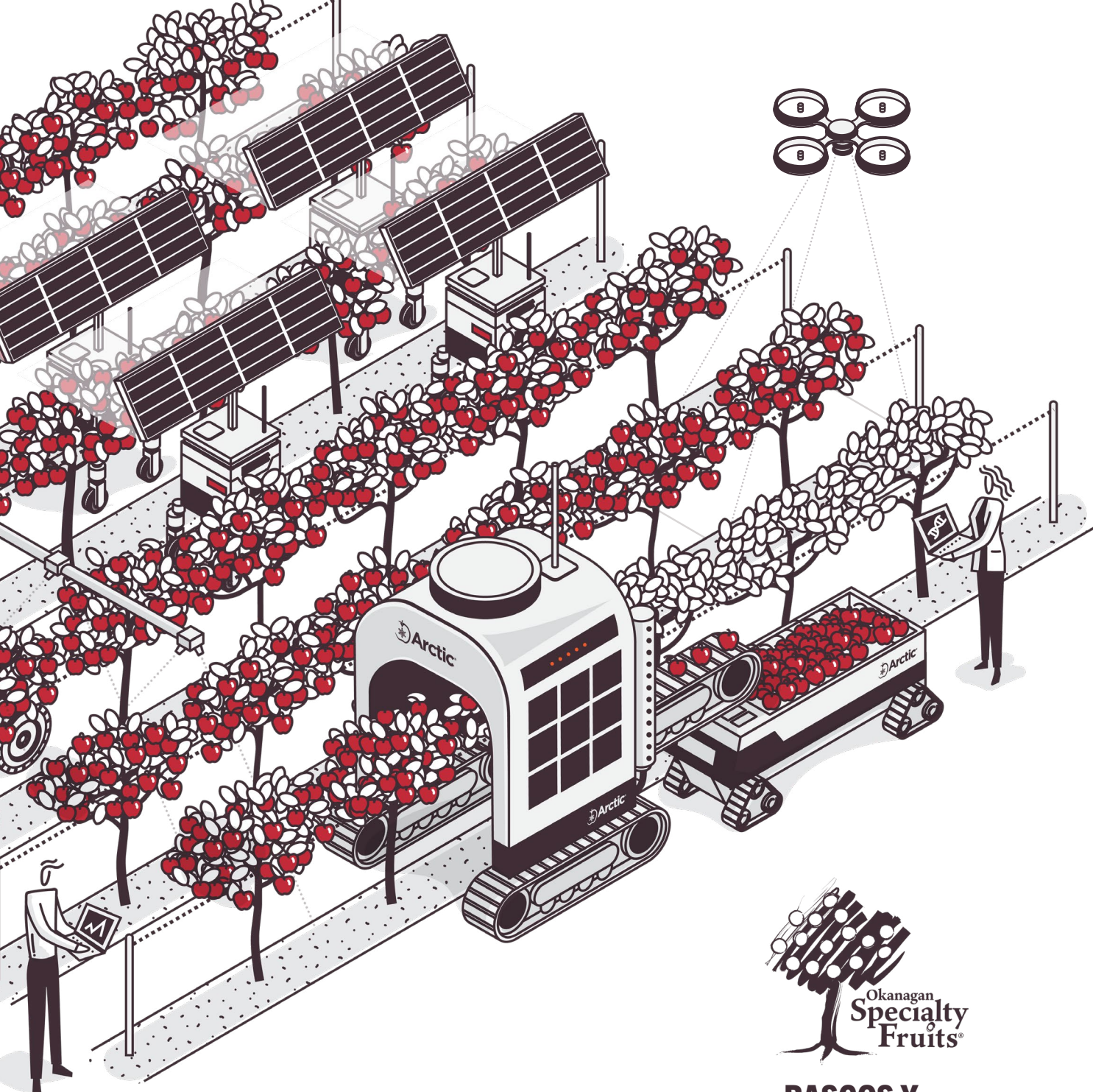
CONCLUSIÓN

La modificación de la arquitectura de los árboles es claramente un objetivo para las actividades científicas de OSF. La OSF puede ser el equipo científico que logre modificar la arquitectura del huerto de manzanas en el futuro, probablemente en colaboración con otros socios. Queda por determinar si OSF será la entidad que aporte nuevo germoplasma, en solitario o en colaboración.

Si bien OSF confía en su capacidad para proporcionar el germoplasma mejorado que dará forma a una nueva plataforma para la arquitectura arbórea, persisten desafíos. Uno de ellos es el control de malezas, ya que estas podrían fácilmente superar la altura de la zona frutal en un huerto. El otro es convencer a los agricultores, un grupo notoriamente férreo al cambio, para que modifiquen sus operaciones. Nuestra industria tiende a aferrarse a lo conocido, incluso si ya no funciona. Y los huertos de manzanos modernos claramente no están funcionando.

A medida que las operaciones de cultivo de manzanas continúan en quiebra, es posible que se elimine suficiente superficie para acoplar la industria. Pero eso es solo una solución temporal.

La actual urgencia económica podría motivar a la industria estadounidense de la manzana a adoptar un nuevo enfoque para la arquitectura de los árboles, especialmente si se puede realizar con un ahorro significativo de costos. OSF también abordará los factores clave y las dudas de la industria, incluyendo la garantía de que el huerto del futuro producirá la fruta de alta calidad que el mercado requiere. Implementar completamente la plantación de manzanas del futuro podría llevar de 10 a 20 años. Pero con cientos de miles de hectáreas por plantar solo en los Estados Unidos, las partes interesadas tienen una amplia oportunidad de obtener un sólido retorno de la inversión.



**RASGOS Y
TECNOLOGIA:
DISEÑANDO
EL HUERTO
DEL FUTURO**

NEAL CARTER

Co-fundador y Director Ejecutivo
OKANAGAN SPECIALTY FRUITS