



UNIVERSIDAD
DE CHILE

SERIE CIENCIAS AGRONÓMICAS
Nº 35, 2022

El cultivo del duraznero hacia el siglo XXI





El Cultivo del Duraznero hacia el siglo XXI

La presente publicación fue desarrollada con el apoyo de Corfo a través del proyecto “Fortalecimiento del Mejoramiento Genético del Duraznero Mediante la Vinculación Internacional y la Selección Asistida” (09PMG-7240), desarrollado entre los años 2010 – 2021.



UNIVERSIDAD
DE CHILE

Proyecto apoyado por



Santiago de Chile, 2022.

Rodrigo Infante; Miguel Ángel Giacinti; Loreto Contador;
Gemma Echeverría; Verónica Lillo; Claudio Meneses;
Igor Pacheco; Rodrigo Uribe; Ignasi Iglesias.

El Cultivo del duraznero hacia el siglo XXI

Santiago, Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Agronómicas, 2022
116 páginas

Serie Ciencias Agronómicas N°35
ISBN Serie: 978-956-19-0363-0
ISBN Libro: 978-956-19-1241-0
ISBN Libro digital: 978-956-19-1240-3
R.P.I.: 2022-A-1539

Editores:
Rodrigo Infante E.
Carolina Kusch G.

Comité Asesor:
Gabino Reginato M.
Carlos Muñoz S.

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Agronómicas
Departamento de Producción Agrícola
Av. Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago.
E-mail: rinfante@uchile.cl

Edición: 100 ejemplares
Diseño y Diagramación: Wacom Retail SpA
Impresión: Wacom Retail SpA





Índice

Prólogo

Ennio Vivaldi, Rector Universidad de Chile
Pablo Terrazas, Vicepresidente Ejecutivo CORFO

1 Avances y Aprendizajes del Programa de Mejoramiento Genético de Duraznero y Nectarino

Rodrigo Infante. FCA, Universidad de Chile

2 Competitividad de la Demanda Internacional de Duraznos y Nectarinas en Fresco

Miguel Ángel Giacinti. Gabinete MAG, Argentina

3 Orientación del Programa de Mejoramiento Genético en Poscosecha y Textura

Loreto Contador. FCA, Universidad de Chile

4 Calidad Sensorial de Duraznos y Nectarinas en el Mejoramiento Genético

Loreto Contador, FCA, Universidad de Chile
Gemma Echeverría, Fruitcentre, (IRTA), Lleida

5 Herramientas Genómicas: Apoyo al Programa de Mejoramiento Genético de Duraznero y Nectarino

Verónica Lillo, Claudio Meneses. Centro de Biotecnología Vegetal, Universidad Andrés Bello

6 No solo saben bien, hacen bien: ¿Por qué consumir duraznos y nectarinas?

Igor Pacheco. INTA, Universidad de Chile

7 El desafío de diferenciar productos frutales en el mercado: Analizando el caso de las Nectarinas

Rodrigo Uribe. FEN, Universidad de Chile

8 Tendencias y desafíos actuales para una producción de durazno sostenible y eficiente

Ignasi Iglesias. Agromillora Catalana Group, España
Rodrigo Infante. FCA, Universidad de Chile

9 Fichas de las Variedades del Proyecto CORFO

Rodrigo Infante. FCA, Universidad de Chile

Prólogo

En el concurso público de INNOVA-Chile de CORFO del 2009 llamado “Programa de Mejoramiento Frutícola y Hortícola” se financiaron cuatro proyectos competitivos: en uva de mesa, en cerezo, en duraznero/nectarino y en hortalizas. Los tres proyectos en especies frutales fueron financiados por 10 años y el de hortalizas, por cinco.

Hoy llegamos al término del proyecto de mejoramiento genético de duraznero/nectarino desarrollado por la Universidad de Chile, el cual ha sido extremadamente exitoso. Los resultados que hacen que este proyecto pueda ser evaluado como tal son, en primer lugar, porque se cumplió la meta planteada. Se generaron seis variedades de nectarina, las denominadas ‘Andes nec’, que hoy están siendo comercialmente cultivadas en más de 600 hectáreas en Chile. Existen 60 empresas que están cultivando alguna de las variedades ‘Andes nec’, siendo la superficie promedio de cada empresa ocupada por alguna variedad del programa de 9,4 hectáreas. Desde 2012, los viveros chilenos han vendido alrededor de 540.000 plantas de las ‘Andes nec’ y ya en 2019, el 24% de todas las plantas de nectarino vendidas en Chile eran de alguna de estas variedades. A partir de 2015, Chile comenzó a exportar la fruta de las variedades ‘Andes nec’ a los cinco continentes, exportándose más de 23 mil toneladas de frutas de las variedades ‘Andes nec’, lo que representa ingresos para la economía nacional de más de 27 millones de dólares.

El proyecto ha producido también un efecto virtuoso de sofisticación de la economía, permitiendo generar nuevos productos tecnológicos sustentados en talentos locales, permitiendo construir los cimientos de una economía basada en conocimiento del sector frutícola chileno. Otro de los resultados fundamentales ha sido la formación de capital humano avanzado y la generación de fuentes de trabajo para jóvenes investigadores.

Aprovechando el término de la de ejecución del proyecto apoyado por CORFO, se presenta en este documento algunos resultados y visiones que surgieron durante su ejecución.

Este documento fue elaborado por destacados investigadores, quienes además tuvieron una participación muy activa. Se inicia con un recuento de los resultados y capacidades instaladas, a cargo del director del proyecto, Profesor Rodrigo Infante, académico de la Universidad de Chile. En el capítulo 2 se presenta un estudio del mercado de las nectarinas en el mundo y su proyección hacia el año 2025, desarrollado por el especialista argentino, Dr. Miguel Ángel Giacinti. El tercer capítulo, a cargo de la investigadora Dra. Loreto Contador, de la Universidad de Chile, aborda la orientación del programa en cuanto a los estudios de poscosecha y de textura de la fruta. El cuarto capítulo muestra los avances en los estudios de evaluación sensorial, desarrollado por las investigadoras Dra. Gemma Echeverría del Fruitcentre, Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias de Lleida y la Dra. Loreto Contador de la Universidad de Chile. El profesor Claudio Meneses y la Dra. Victoria Lillo, ambos de la Universidad Andrés Bello, se encargaron del quinto capítulo que da cuenta del uso de herramientas biotecnológicas en el programa de *breeding*. El sexto capítulo que trató del consumo de fruta y de la alimentación sana, estuvo a cargo del Dr. Igor Pacheco del INTA de la Universidad de Chile. El séptimo capítulo aborda aspectos de marketing agroalimentario aplicado a duraznos y nectarinas, aspecto fundamental a cargo del profesor de la Facultad de Economía y Negocios de la Universidad de Chile, Dr. Rodrigo Uribe. El octavo capítulo, desarrollado por el Dr. Ignasi Iglesias de Agromillora Catalana Group, España, y por el Dr. Rodrigo Infante, de la Universidad de Chile, nos muestra las nuevas tendencias y desafíos para una producción sostenible. Al final de esta publicación se describen las seis variedades generadas durante el proyecto.

Se cierra así un importante ciclo de un proyecto de mejoramiento genético financiado por CORFO y desarrollado por la Universidad de Chile, alcanzando resultados que han generado un alto impacto en la industria nacional y que demuestran que las capacidades de investigación chilenas están al más alto nivel mundial.



Profesor Ennio Vivaldi
Rector
Universidad de Chile



Pablo Terrazas
Vicepresidente Ejecutivo
CORFO

Avances y Aprendizajes del Programa de Mejoramiento Genético de Duraznero y Nectarino

Introducción

El programa de mejoramiento genético de duraznero/nectarino de la Universidad de Chile nació en 1999 gracias al financiamiento de un proyecto FDI de la CORFO. Después se sucedieron otros, siempre financiados por CORFO, que permitieron avanzar en la consolidación del trabajo original, generando poblaciones segregantes y mejorando los procesos de selección de los mejores individuos. El último proyecto con apoyo estatal que financió el trabajo en mejora genética de esta especie en Chile fue el denominado “Fortalecimiento del mejoramiento genético del duraznero mediante la vinculación internacional y la selección asistida” (09PMG-7240) en el marco de la convocatoria “Programa de Mejoramiento Frutícola y Hortícola”, de INNOVA-Chile. Este proyecto comenzó a operar en 2010 y terminó en 2021. Fue un hito fundamental que permitió consolidar lo realizado y licenciar seis nuevas variedades al mercado, las denominadas ‘Andes-nec’. En éste también participaron varias empresas del sector apoyando en la validación de las nuevas selecciones y en el desarrollo comercial, además de la participación de universidades y centros de investigación nacionales e internacionales que apoyaron la investigación asociada a la genética y a la calidad de la fruta.

Deben ser destacados, en este sentido, la empresa ANA-Chile, la cual fue la encargada de hacer la gestión comercial de las nuevas variedades ‘Andes-nec’, la empresa Biofrutales y la Federación de Productores de Fruta de Chile (FEDEFruta) que

Rodrigo Infante

Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de Chile

apoyaron la transferencia tecnológica y la relación con la industria. En cuanto a la colaboración con las instituciones de investigación, la Universidad Andrés Bello aportó en el desarrollo y uso de marcadores moleculares para realizar una selección de individuos más objetiva, la Universidad de Milán, Italia, con el aporte de nuevo germoplasma y el IBIMET-CNR de Bolonia, Italia y el Instituto de Investigaciones y Tecnología Agroalimentarias IRTA de Cataluña, España que participaron en la evaluación de la percepción de los consumidores de las nuevas variedades.

El proyecto CORFO se estructuró en tres etapas que se llevaron a cabo simultáneamente. En la primera etapa **Desarrollo, evaluación y selección de la variabilidad genética**, se constituyó el banco de germoplasma, se generó variabilidad genética nueva y se evaluó el desempeño técnico de los materiales. Se realizaron acuerdos de colaboración con programas europeos y norteamericanos para acceder a germoplasma de elite. Además, se hicieron nuevos cruzamientos todos los años, se realizaron manejos agronómicos mirados a reducir el periodo juvenil de las plantas híbridas, además se generaron los protocolos de evaluación del desempeño agronómico de ellas. En la segunda etapa, **Validación de nuevos genotipos y uso de marcadores moleculares**, se puso a disposición una plataforma de *breeding* asistida por marcadores moleculares (MAB). En esta etapa se trabajó con la co-desarrolladora, la Universidad Andrés Bello. También se evaluó el desempeño técnico de las

selecciones y se puso a punto el análisis sensorial y pruebas de laboratorio para establecer la calidad de la fruta y el desempeño en poscosecha de cada una. En la tercera etapa, **Transferencia a los Mandantes (Mejoramiento Genético Participativo)**, se validaron las selecciones en huertos experimentales, por parte de las empresas mandantes. Además, se realizó la evaluación de su aceptabilidad entre consumidores, y también entre agentes claves de la industria. Al final del proyecto se alcanzó la meta proyectada de obtener seis variedades de nectarina. Una vez obtenidas las variedades, la empresa ANA-Chile las inscribió en el Registro de Variedades Protegidas (RVP) del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). En esta etapa también se realizó un plan de transferencia tecnológica, basado en días de campo para dar a conocer las nuevas selecciones, charlas técnicas, seminario internacional y varias publicaciones de extensión y científicas.

La industria chilena y la necesidad de realizar mejoramiento genético

Chile es el mayor productor y exportador de duraznos y nectarinas del hemisferio sur. Tiene una industria consolidada que ha suplido los mercados de los países del hemisferio norte con fruta fuera de estación. La fruticultura de exportación fue impulsada por el convenio entre la Universidad de California y la Universidad de Chile, en 1965, en el marco del Plan Chile-California y que permitió que muchos profesionales y académicos chilenos se formaran, a nivel de posgrado, en la Universidad de California, especialmente en su sede de Davis. La consolidación de la industria exportadora de esta especie se produjo años después, en la década de los 80. El Plan Chile-California fue un hito fundamental en el avance de distintas disciplinas frutícolas, como riego, manejo de huertos, estudios de poscosecha y economía agraria. Sin embargo, no fue hasta muchos años después que se inició el mejoramiento genético frutal en Chile. Esto se tradujo en que la gran mayoría de las variedades cultivadas en Chile provinieran de California y años después se introdujeron otras variedades, principalmente desde Italia y Francia.

Todas las variedades de duraznero y nectarino que Chile cultivaba y exportaba hasta el 2014 eran exclusivamente extranjeras. Las variedades que estos programas de mejora licenciaban se

caracterizaban por fruta destinada a mercados muy cercanos y además de ser concebidos para satisfacer principalmente a los productores. Por ejemplo, los programas californianos servían a una industria local que destinaba su producción a un consumo local y a suplir la demanda de los demás estados norteamericanos. Esto se traduce en frutas con capacidad de mantener una condición adecuada para el consumo, en cámaras a baja temperatura, por no más de 10 días. Así, los duraznos y nectarinas que Chile exportaba fueron concebidas como variedades muy productivas que satisfacían plenamente a los requerimientos del productor de fruta, pero que no reparaban en cuanto a su calidad gustativa. Es decir, no consideraban que satisfacer al consumidor final del producto fuese un objetivo prioritario. Por muchas décadas los programas de mejoramiento genético de duraznero/nectarino, que hasta 1980 residían preferentemente en universidades y en centros de investigación estatales, se enfocaron en generar cientos de variedades productivas, resistentes a ciertas enfermedades y fáciles de cultivar. Por curioso que hoy parezca, no fue considerado satisfacer al principal agente de esta cadena de valor, que es el consumidor de la propia fruta. La satisfacción del consumidor se daba por descontada o bien no estaba en los objetivos de los programas, porque no se conocían los instrumentos para evaluar este parámetro.

Las frutas (y las verduras) son consideradas como alimentos esenciales en la dieta de las personas, siendo justamente ésta la afirmación que promociona el evento mundial “Año de las Frutas y Hortalizas 2021 (IYFV-2021)” de las Naciones Unidas. Las frutas son reconocidas como fuentes de nutrientes fundamentales (vitaminas y fibra, entre otros). Pero debemos preguntarnos ¿Qué mueve a consumir nectarinas frescas y especialmente en el periodo del año en que éstas son importadas desde el otro hemisferio? Es claro que su consumo está asociado mayormente al hedonismo, por lo cual, si una variedad no tiene excelente calidad sensorial, no tiene sentido su existencia. El “driver” de consumo es la calidad sensorial, y luego cuando es consumida se lograrán los beneficios nutricionales que estas frutas, fuera de estación, también entregan. Así, la calidad sensorial debe ser medida y considerada en los objetivos de un programa de mejora genética de este tipo de especies.

El programa chileno, en sus inicios, tampoco se enfocó en el desarrollo de variedades de excelente calidad sensorial. El foco en los primeros cinco años de mejoramiento genético fue la obtención de variedades con frutas que tuviesen una larga vida de poscosecha y que no fuesen susceptibles a los daños que ocurren cuando la fruta es almacenada a bajas temperaturas por periodos prolongados. De hecho, las primeras tres variedades ('Andes nec-1', 'Andes nec-2' y 'Andes nec-3'), si bien son variedades que cuando son cosechadas en la madurez adecuada tienen muy buen sabor, no destacan como las siguientes tres variedades por su alta calidad sensorial y un amplio potencial de poscosecha ('Andes nec-4', 'Andes nec-5' y 'Andes nec-6').

Objetivos del programa y su evolución

El proyecto CORFO tuvo como objetivo general, potenciar el programa a través de la asociación tecnológica para la selección asistida y generar una estrategia de vinculación nacional e internacional para la gestión de las nuevas variedades. Se plantearon cinco objetivos específicos: 1) Generar, desde una base genética enriquecida, nuevos genotipos de duraznero/nectarino orientados a satisfacer los requerimientos del mercado internacional de fruta fresca, 2) Evaluar en pre y poscosecha las Líneas Genéticas Avanzadas (LGA) y seleccionar aquellas destacadas por méritos técnicos, 3) Evaluar las variedades pre-comerciales a través de ensayos de desempeño, en escenarios reales de producción y mercado, 4) Evaluar la factibilidad técnico económica del uso de marcadores moleculares disponibles para la selección asistida y 5) Realizar transferencia tecnológica que involucre a toda la cadena productiva asegurando la rápida adopción de la tecnología.

Cuando la Universidad de Chile comenzó a realizar mejoramiento genético en 1999, buscaba generar variedades que produjesen fruta capaz de soportar viajes de 40 días hasta alcanzar el consumidor final, sin los problemas que las variedades cultivadas en Chile hasta ese tiempo, mostraban. En general, la fruta exportada por Chile llegaba a los consumidores finales, muchas veces, con una pulpa harinosa y parda. Era una fruta que externamente se observaba normal y sin daños en las estanterías de los supermercados,

sin embargo, cuando era consumida, unos días después de la compra, se evidenciaban los daños internos. Así, era una fruta de muy pobre calidad sensorial, lo cual inhibía la fidelización de los clientes y en consecuencia limitaba la recompra. Definitivamente las variedades que Chile producía no eran adecuadas para el modelo exportador chileno, en el cual, su fruta debía viajar varios miles de kilómetros en barcos y alcanzar a los consumidores después de 30 o más días, contando desde la cosecha. Con esta clara demanda de la industria local se concibió el programa chileno: generar variedades con fruta que no fuese susceptible a la harinosidad ni al pardeamiento de la pulpa después de 30 a 40 días de poscosecha. Así, se generaron protocolos de evaluación de la vida potencial de poscosecha muy estrictos. En general, todas las selecciones eran sometidas a periodos de 40 días en cámaras a 0°C, más tres días a 20°C y luego de este tiempo, eran evaluadas. Sólo aquellas selecciones que se mantenían sanas, seguían el camino para eventualmente convertirse en variedades comerciales. Las selecciones que mostraban incidencia de harinosidad o de pardeamiento de la pulpa eran eliminadas. Este esquema de trabajo era ya algo novedoso en el mejoramiento genético de duraznero, ya que los programas extranjeros que si realizaban estudios de poscosecha, lo realizaban solo a las variedades una vez seleccionadas y los estudios rara vez consideraban periodos de conservación de más de dos semanas.

Al poco andar, quedó en evidencia la importancia de priorizar la calidad sensorial de la fruta como un criterio de selección fundamental, lo cual como se ha dicho antes, había sido, de alguna manera, no considerado en los demás programas de esta especie. Lo que sucedía en muchos casos, y que aún sucede, es que se declara que la calidad sensorial de la fruta es un objetivo prioritario, pero no se observa que se utilicen metodologías para evaluarla y para discriminar a los mejores individuos del resto. En la mayoría de los programas de mejoramiento genético, la calidad sensorial de los individuos segregantes y de las selecciones es evaluada solo por el propio *breeder* y por algunas otras personas de su entorno. Si bien es indiscutible que los *breeders* son expertos en la especie con la cual trabajan, existen muchas veces sesgos y una cierta tendencia a la autocomplacencia que puede

afectar la selección rigurosa de la mejor variedad.

En nuestro programa se establecieron formas de trabajo que consideran objetivamente la evaluación de la calidad sensorial de los individuos. El primer nivel de evaluación es el comúnmente utilizado por los demás programas, vale decir el juicio del *breeder* y del resto del equipo que ya posee algún grado de entrenamiento para dicha evaluación. Este es un criterio previo que sólo se usa para eliminar algunos individuos de baja calidad. El segundo nivel de evaluación sensorial es la evaluación basada en agentes de la industria, quienes degustan, en días de campo abiertos, las selecciones. La evaluación se realiza en una escala de Likert de cinco niveles y es respondida por 15 o más personas en cada oportunidad. Existen otros dos niveles de evaluación de la calidad sensorial, que son objetivos y que se aplican ya a las selecciones que han alcanzado un mayor avance. Así, el tercer nivel de evaluación es aquel en que la fruta es evaluada por un panel sensorial entrenado, permitiendo generar datos objetivos de las características gustativas de la selección. El último nivel es solo para las selecciones pre comerciales, que consiste en evaluar la calidad sensorial por consumidores. Este es un proceso que se ha realizado tanto en Chile como en Estados Unidos y Europa y en él participan, al menos, 100 consumidores.

La evolución de los criterios de selección de las nectarinas del programa da cuenta de un proceso de maduración tecnológica, que permite que hoy dispongamos de seis variedades con el mayor potencial para soportar largos periodos de conservación a baja temperatura y que además exhiban la mejor calidad sensorial.

Los métodos de mejoramiento genético en duraznero

El siglo 20 podría ser recordado como la “Edad de Oro” del mejoramiento genético del duraznero (Sansavini et al., 2005). Fue una época en la cual se crearon cientos de nuevas variedades, con estimaciones tan altas de 100-130 nuevas variedades en ciertos años, y se mejoraron ciertas características de calidad tales como el tamaño del fruto, la coloración rojiza de la piel, la relación pulpa/carozo, etc. Esta incomparable, y probablemente, irreplicable situación estaría vinculada principalmente a la extensión del calendario de cosecha de 2-3 meses a 5-6 meses y

a un menor requerimiento de frío de la especie, que permitió que el cultivo se extendiera hacia climas subtropicales.

El duraznero es considerado como una especie modelo para estudios genéticos en plantas leñosas, en cuanto tiene un genoma relativamente pequeño y ya secuenciado, es diploide y auto fértil, tiene una breve fase juvenil y tiene muchos caracteres, de importancia económica, con comportamiento monogénico. El mejoramiento genético de duraznero/nectarino es realizado, en todos los programas vigentes, a través de cruzamientos intraespecíficos, vale decir entre individuos de la especie *Prunus persica*, y mediante la posterior selección de los individuos superiores en la progenie, como fue también realizado en el programa nacional. Es un método adecuado para una especie como el duraznero, la cual, por su carácter autofértil, es bastante homocigota en comparación con otras especies del mismo género, como ciruelo y almendro, especies autoincompatibles. Eso se traduce en que las progenies de duraznero/nectarino derivadas de los cruzamientos controlados muestren un fenotipo muy similar entre todas las “plantas hermanas”, existiendo un alto nivel de consanguinidad entre las variedades hoy presentes en el mercado.

Además, el mejoramiento de la especie busca mejorar caracteres poligénicos con efectos aditivos, que producen pequeñas variaciones en el fenotipo. Normalmente en un programa de duraznero/nectarino no se generan variedades con fenotipos tan disruptivos en relación al estándar ya existente para la especie. En duraznero los avances genéticos son pequeños, pero significativos. Por ejemplo, dos variedades de nectarina que se cosechan el mismo día y tienen similar productividad, forma de fruto, color de piel y pulpa y sabor, pero una de ellas tiene un potencial de poscosecha de una semana más que la otra, ese solo avance es muy significativo y la convierte en una variedad distinta y superior.

El programa chileno se ha basado en el uso de germoplasma lo más diverso posible, buscando justamente que la consanguinidad se reduzca, sin llegar al uso de *landraces* o germoplasma no domesticado. Como los objetivos del programa son la calidad sensorial y el potencial de poscosecha de la fruta, los cuales son clásicos caracteres de control poligénico y además con bastante influencia ambiental, no se justifica utilizar en el plan

de cruzamientos, germoplasma no domesticado. Se recurre a este tipo de materiales solo cuando se busca incorporar al *pool* genético algún gen nuevo y que solo se encuentra en estado no domesticado, como sucede con algunos genes de resistencia a patógenos. Los germoplasmas que contienen estos genes nuevos, no tienen una calidad de fruta suficiente, mostrando frutas pequeñas y/o de alta acidez. Cuando estos genes nuevos son introducidos al *pool* de un programa, los individuos resultantes son posteriormente sometidos a sucesivos retro cruzamientos con selecciones o variedades con alta calidad de fruta. De esta forma, al cabo de algunas generaciones, se logra tener variedades portadoras del nuevo gen de resistencia y con fruta de alta calidad.

En nuestro programa, en prácticamente el 100% de los cruzamientos se usaron, en los primeros años, variedades y selecciones de programas extranjeros con los cuales existían acuerdos de colaboración. Una vez que el programa alcanzó un nivel de madurez suficiente, han sido utilizadas mayormente las propias selecciones. Esta evolución es muy natural para un programa, como el chileno, que busca generar variedades con características muy particulares (potencial de poscosecha y calidad sensorial), ya que el propio *pool* generado, año tras año, va siendo recurrentemente seleccionado por exhibir las características buscadas y pasa a ser una colección de individuos única y exclusiva.



El programa se ha centrado en la obtención de variedades de nectarina, manteniendo en una proporción muy baja los cruzamientos para la obtención de durazneros. Esto es relativamente fácil de hacer cuando se conoce el origen de los materiales usados en los cruzamientos, ya que el fenotipo nectarina es controlado por un gen con comportamiento Mendeliano o monogénico. Los individuos homocigotos recesivos (g/g) siempre serán nectarinos, y los heterocigotos (G/g) y los homocigotos dominantes (G/G) siempre serán durazneros. Es importante también subrayar que la nectarina no es simplemente un durazno que tiene piel sin tricomas, es mucho más complejo que eso, a pesar de que su control genético sea simple. Los nectarinos tienen una pulpa más compacta, un contenido de sólidos solubles mayor que los duraznos y un sabor diferente, además naturalmente el potencial de poscosecha es superior al de los duraznos. Debido a esta última razón, el programa chileno se ha enfocado casi exclusivamente en la generación de variedades de nectarina.

El foco de los cruzamientos también ha estado en la obtención de variedades de maduración en el periodo de la media estación (segunda quincena de diciembre) hasta el final de la estación (inicios de marzo). Las variedades que maduran en este periodo son las más adecuadas a las condiciones climáticas del valle central de Chile. Las variedades más tempranas se adaptan a lugares con diferentes condiciones climáticas, a latitudes más bajas o zonas más cálidas, en las que la acumulación de temperatura de primavera es alta, dando las condiciones ideales para producir fruta de calidad en variedades con breve periodo entre floración y cosecha. Así, las seis variedades de nectarina generadas por el programa maduran en el periodo medio a tardío de la temporada de fruta. Además, las seis variedades son de pulpa fundente, el cual también es un carácter monogénico dominante (M/m), siendo la pulpa no fundente (m/m), que es la pulpa de los duraznos conserveros, recesiva. Dentro del grupo de variedades de pulpa fundente se encuentran individuos que muestran una rápida tasa de ablandamiento hasta aquellos que tienen un lento ablandamiento. El ablandamiento de la pulpa condiciona la vida de poscosecha de la variedad, observándose variaciones tanto en la última fase de crecimiento de la fruta en el árbol

Cruzamiento dirigido.

como también durante la poscosecha. Así, las variedades del programa se han caracterizado por ser de lenta tasa de ablandamiento, permitiendo que el momento de la cosecha pueda ser más flexible y que el potencial de vida de la poscosecha de la fruta sea mayor (Contador et al., 2016).

El mejoramiento genético participativo

El mejoramiento genético de duraznos fue impulsado sobre bases más empíricas que fortuitas por el famoso emprendedor Luther Burbank, en California, a inicios del siglo XX. Durante la segunda mitad del siglo XX, diferentes programas alojados en universidades y en el Departamento de Agricultura de Estados Unidos prosperaron en Norteamérica, ya con un enfoque científico mucho más sólido. Estos programas tuvieron diferentes niveles de éxito en cuanto a la generación de nuevas variedades para la industria local y mundial. En general, la tasa de licenciamiento de nuevas variedades se caracterizó por ser más bien baja. Se requería un largo trabajo de validación de candidatos antes de que alguno de ellos llegara a ser licenciado. También se debe reconocer que el negocio, desde la industria hasta los consumidores, era mucho más conservador. No existía la rápida obsolescencia que tienen las variedades hoy en día. En otras palabras, a mediados del siglo XX una buena variedad de duraznero podía mantenerse vigente en el mercado por más de cinco décadas; hoy son pocas las que sobreviven después de 20 años desde su licenciamiento.

Hoy en día, existen programas de mejoramiento genético totalmente dependientes de entidades públicas, como también muchos son totalmente privados. Estos últimos, licencian muchas variedades y tienen una conexión muy fuerte con el resto de la industria, llegando incluso, como sucede en ciertos casos en California, a integrarse verticalmente con toda la cadena productiva. Los programas públicos, en cambio, mantienen un ritmo de licenciamiento más lento. En el caso del programa de la Universidad de Chile se buscó, desde sus inicios, impulsar un modelo de mejoramiento genético participativo persiguiendo la mayor eficiencia en la generación de variedades validadas, pero que a su vez contribuyera al conocimiento de la especie en sus aspectos genéticos como fisiológicos.

En el mejoramiento genético de especies frutales, la fase que requiere de más tiempo y que hace que la tasa de licenciamiento de un programa sea baja, es la validación de las variedades pre-comerciales al nivel de huerto. Deben ser evaluadas en dos a tres sitios diferentes y en el caso de los nectarinos, durante 5 a 6 años. En los programas completamente dependientes de entidades públicas, esta fase puede llegar a ser muy extensa y normalmente es desarrollada en las propias instalaciones de la entidad de investigación. La clave, hoy en día, es integrar precozmente a los usuarios de las variedades (viveros, productores, exportadoras y consumidores) en el proceso selectivo. Cuando la integración de estos agentes se hace tempranamente en la fase de selección de las nuevas variedades, se logra una validación y un escalamiento comercial posterior mucho más rápido. La validación de las selecciones más avanzadas, hoy en día debe hacerse en terrenos de las propias empresas, para que los usuarios conozcan, en condiciones reales, cómo es el desempeño de cada posible nueva variedad. De esta forma, la misma industria participa en la validación de la futura variedad, y como consecuencia su desarrollo comercial posterior es mucho más rápido. Es también fundamental que incluso los individuos que están aún en fases anteriores de selección, sean mostrados a los usuarios a través de "días de campo" o actividades divulgativas específicas. Actuando de esta forma, el programa de mejoramiento mantiene una vinculación directa con la industria, puede conocer aspectos esenciales de las demandas de los diferentes actores y enmendar, en algunos casos, la orientación que el propio programa lleva. Este modelo de trabajo, que asocia precozmente la investigación, el mejoramiento genético con los aspectos productivos del negocio de la fruta, es lo que se denomina Mejoramiento Genético Participativo.

Al final de cuentas, lo que subyace bajo el Mejoramiento Genético Participativo es la valorización de las contribuciones que cada uno de los actores de la cadena productiva pueda hacer al sistema. Además, se busca que la generación de la tecnología responda a la demanda específica del mandante, el cual es



Día de campo y muestra de fruta con la industria, Mejoramiento Genético Participativo.

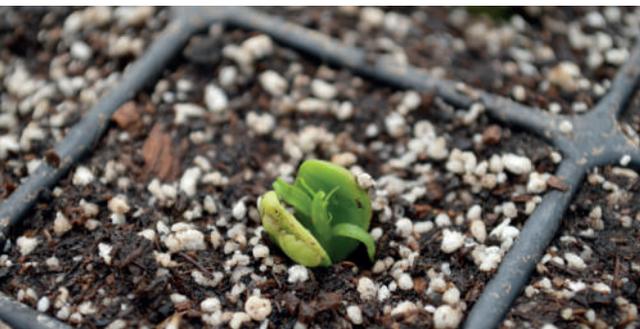
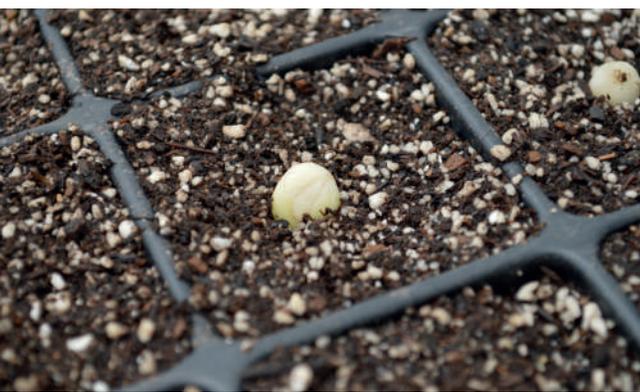
la industria frutícola y también el consumidor. En el antiguo esquema de trabajo no existía un mandante claro, existía solo la inquietud de un investigador por generar conocimiento y tecnología, lo que puede definirse como tecnología nacida desde la oferta. La provisión de tecnología impulsada desde la demanda, nos asegura modelos más eficientes y es posible generar así un verdadero círculo virtuoso de colaboración entre todos los agentes del sistema.

Nuevas tecnologías para el programa

En un estudio realizado en 2006 a 29 programas de duraznero/nectarino se constató que cada programa generaba, en promedio, 0,88 licencias de variedades por programa por año una vez que están funcionando en régimen

(Infante et al., 2006a). En cuanto a su actividad de campo, los programas generaban, en promedio, 3.579 plantas híbridas por programa por año. Estos datos dan cuenta que el programa chileno está en la media en cuanto a productividad en comparación con los programas mundiales. Además, ha sido activo en la generación de tecnologías para el mejoramiento genético. El programa chileno se ha visto en la necesidad de ir generando una serie de tecnologías para una mejor operación y desempeño de diferentes actividades técnicas, o en otras palabras se ha enfocado en aumentar la eficiencia. Las tecnologías desarrolladas se muestran a continuación.

- **Germinación forzada:** es una metodología utilizada para acelerar la obtención de plantas derivadas de semillas y así hacer más eficiente la selección de los mejores individuos. Los durazneros/nectarinos para germinar requieren normalmente de una "estratificación", proceso en que las semillas son mantenidas a bajas temperaturas y a alta humedad por 2 a 3 meses y que permite que después puedan germinar de manera uniforme. El procedimiento regular es que las semillas sean obtenidas desde los frutos en verano, conservadas secas por unos meses y luego ser estratificadas para ser sembradas a fines del invierno y así obtener las plantas híbridas en la primavera. El proceso que se utiliza en nuestro programa es que las semillas son sacadas de los frutos en verano, se les elimina el carozo y testa y así los embriones son sometidos a una inmersión por 24 horas en una solución de las fitohormonas citoquininas y giberelinas (Infante et al., 2006b). Estas fitohormonas tienen la particularidad de reemplazar la necesidad natural de exposición al frío para poder germinar. Luego, los embriones son sembrados en el invernadero y a los 7 a 10 días comienza la germinación. Al final del verano ya se cuenta con plantas híbridas de 25 a 40 centímetros de alto. Estas plantas pueden ser mantenidas en el invernadero hasta esperar el mejor momento para establecerlas en terreno o bien ser trasplantadas inmediatamente. Aplicando este protocolo, es posible obtener las primeras frutas desde una planta híbrida 18 meses después de la siembra.



Germinación forzada

• **Sistema de adquisición y procesamiento de datos:**

Se trata de una planilla Excel con varias hojas de cálculo que permite el funcionamiento simultáneo y en línea para más de un usuario, lo que hace aún más útil y eficiente la toma de datos. Se colectan datos fenológicos en terreno como floración y cosecha, y en el laboratorio los datos de la propia fruta como el calibre, presencia de defectos, firmeza de la pulpa, y datos de la poscosecha. A través de componentes visuales (gráficos, tablas, fotos, resúmenes) muestra toda la información relacionada con las selecciones y variedades del programa que se encuentren bajo evaluación. Además, se generó una aplicación de escritorio que permite agrupar datos por temporada de evaluación, discrimina por año de plantación, código de selección y otros parámetros útiles para manejar la información y finalmente entregar una ficha descriptiva de cada selección, con los principales parámetros de interés.

• **Monitoreo de las condiciones ambientales:**

Se ha implementado una red de monitoreo, en tiempo real, que permite el control, investigación y generación de datos a través de sensores. Considera la transmisión del dato para realizar análisis telemático a través de la plataforma que contiene la información, con el objetivo de determinar de forma temprana la ocurrencia de heladas, entre otras variables climatológicas. En la estación de Rinconada de Maipú se instaló un módulo router Tplink3020, un módulo USB3G y una estación meteorológica PCE-FWS20. Los datos son recolectados en una plataforma de recepción (<http://service.mcitelecom.com>), la cual transmite datos generales de meteorología local, asimismo los datos son dirigidos a la web o a la plataforma para su almacenamiento y uso.

• **Medición de la harinosidad de la pulpa:**

Uno de los principales objetivos planteados era obtener variedades con pulpa que no fuese harinosa después de la poscosecha. Si bien, existían métodos para medir la harinosidad de manera objetiva, éstos eran muy engorrosos ya que consideraban muchos pasos como filtración y extrusión de los tejidos, lo cual lo hacían incompatibles con la medición de muchas muestras diarias. Así, se generó un método muy simple, que por medio de la absorción en un papel del jugo que liberaba la pulpa luego de comprimirla, posteriormente el papel era pesado y su masa se relacionaba con la muestra intacta. De

esta manera se pudo medir de manera muy rápida, el porcentaje (p/p) del contenido de jugo de una muestra. Fue posible también generar una escala de harinosidad y ésta asociarla a la percepción que los consumidores tenían de ella y a los umbrales de percepción (Infante et al., 2009).

• **Medición del pardeamiento de la pulpa:** El otro daño de poscosecha considerado como criterio de selección en el programa era el pardeamiento de la pulpa, proceso que ocurre independiente de la harinosidad en algunos casos. Este fenómeno era tradicionalmente medido de forma visual y a lo más, en algunos trabajos científicos se determinaba el área de la pulpa total afectada, pero no se disponía de escalas objetivas de medición. Nosotros buscamos medir el fenómeno objetivamente y para ello se asociaron mediciones realizadas con el colorímetro y una escala visual corroborada con un panel de jueces en que detectaban la manifestación del problema en la pulpa de una nectarina. Así, se pudo generar un umbral, medido en el componente de luminosidad (L) del colorímetro, que cuando se superaba, la muestra se consideraba parda para un consumidor medio (Cáceres et al., 2016).

• **Métodos de criterio de cosecha basado en la fisiología de la fruta:** Uno de los problemas prácticos que enfrenta un programa de duraznero/nectarino es la evaluación de muestras de fruta provenientes de cientos de individuos diferentes. Además, para estos individuos la velocidad de maduración de la fruta es desconocida, por lo cual el momento óptimo de la cosecha de la fruta es también desconocido. Existen métodos para conocer el estado de madurez fisiológica de una nectarina, por ejemplo, midiendo el color de fondo de la piel. Sin embargo, muchos de los individuos de este programa como de otros, se caracterizan porque su piel está completamente cubierta de color rojo y eso impide conocer el “color de fondo”, que es el que se asocia al estado de madurez de la fruta.

Nuestro programa fue uno de los primeros en trabajar con un dispositivo denominado DA-meter, desarrollado por un equipo de investigación italiano, y que mide la absorbancia de la clorofila de la piel en dos longitudes de onda específicas. Esta medición se asocia directamente con el contenido de clorofila y por ende al estado de madurez; a mayor clorofila, la fruta será más inmadura. Esta es una medición simple, no destructiva y que nos entrega un índice llamado IAD (Pinto et al., 2015).



DA-meter mide la absorbancia de la clorofila de la piel en dos longitudes de onda específicas.

Las variedades chilenas

El proyecto CORFO generó durante su ejecución desde 2010 hasta 2021 seis variedades de nectarina, denominadas 'Andes nec'. Las tres primeras variedades son de pulpa amarilla y pueden ser clasificadas como variedades de tipo tradicional en el sentido que su sabor es equilibrado y en las que la acidez es más bien alta. Las segundas tres variedades son todas variedades de pulpa blanca y se destacan por su excelente sabor. Todas las variedades se caracterizan porque su potencial de poscosecha supera los 35 días en conservación a 0°C y atmósfera normal.

Las variedades de la serie 'Andes nec' han sido administradas comercialmente por ANA-Chile. En términos generales se puede decir que con cada variedad se ha generado un club de producción exclusivo. En Chile, el club se ha definido mediante una plantación limitada con pago de los *royalties* por cada planta vendida como por la fruta exportada. La primera variedad generada en el proyecto CORFO es la nectarina de pulpa amarilla 'Andes nec-1', la cual se cosecha durante la primera semana de enero en la zona central de Chile. Es una variedad de excelente productividad, los frutos tienen 14% de sólidos solubles, un alto cubrimiento de la piel y un calibre grande (190 g). La forma de fruto es redondeada, y la pulpa está adherida al hueso. Destaca por la elevada vida de poscosecha. La segunda variedad licenciada es la nectarina de pulpa amarilla 'Andes nec-2' la cual se cosecha durante la segunda semana de febrero en la zona central de Chile. Es una variedad de buena productividad, los frutos tienen 15% de sólidos solubles, un alto cubrimiento de la piel y un calibre

grande (210 g). La forma de fruto es redondeada, y la pulpa está adherida al hueso. Destaca por la elevada vida de poscosecha y su alta calidad gustativa. La tercera variedad licenciada es la nectarina de pulpa amarilla 'Andes nec-3', la cual se cosecha durante la primera semana de febrero en la zona central de Chile. Es una variedad de buena productividad, los frutos tienen 16% de sólidos solubles, un alto cubrimiento de la piel y un calibre grande (190 g). La forma de fruto es redondeada, y la pulpa está adherida al hueso. Destaca por la elevada vida de poscosecha y el sabor es bueno.

Las siguientes tres variedades fueron seleccionadas ya incorporando los criterios y metodologías que determinaban objetivamente la calidad sensorial de las nuevas selecciones, unido al alto potencial de poscosecha, sello característico del programa. La primera variedad licenciada de este esquema de trabajo es la nectarina de pulpa blanca 'Andes nec-4', la cual se cosecha durante la última semana de diciembre en la zona central de Chile. Es una variedad de excelente productividad, los frutos tienen 17% de sólidos solubles, un alto cubrimiento de la piel y un calibre muy grande (210 g). La forma de fruto es redondeada, y la pulpa está semi adherida al hueso. Destaca por la elevada vida de poscosecha y por su excelente sabor. Puede ser considerada como la primera variedad chilena que destaca como variedad para el mercado chino, el cual es exigente en calidad de la fruta y fruta con alto contenido de azúcar y acidez baja. La segunda variedad licenciada en el nuevo esquema de trabajo es la nectarina de pulpa blanca 'Andes nec-5', la cual se cosecha durante la primera semana de enero en la zona central de Chile. Es una variedad de excelente productividad, los frutos tienen 17% de sólidos solubles, un alto cubrimiento de la piel y un calibre grande (210 g). La forma de fruto es redondeada, y la pulpa está semi adherida al hueso. Destaca por la elevada vida de poscosecha y por su excelente sabor. Es también una variedad adecuada para mercados del Lejano Oriente. La última variedad licenciada en el marco de trabajo del proyecto CORFO es la nectarina de pulpa blanca 'Andes nec-6', la cual se cosecha durante la última semana de enero en la zona central de Chile. Es una variedad de excelente productividad, los frutos tienen 18% de sólidos solubles, un alto cubrimiento de la piel y un calibre muy grande (250 g). La forma de fruto es redondeada, y la pulpa está semi adherida al

hueso. Destaca por la elevada vida de poscosecha y por su excelente sabor. Es también una variedad muy adecuada para mercados del Lejano Oriente.



Variedad 'Andes nec-1'



Variedad 'Andes nec-2'



Variedad 'Andes nec-3'



Variedad 'Andes nec-4'



Variedad 'Andes nec-5'



Variedad 'Andes nec-6'

El impacto económico de las variedades chilenas

Se generaron seis variedades de nectarina ('Andes nec-1' a 'Andes nec-6'), las cuales están plantadas en Chile, en aproximadamente 600 hectáreas. El primer impacto económico que ha producido el programa es en la venta de plantas, así asumiendo una densidad media de 900 plantas por hectárea, se llega a una cifra de 540.000 plantas de las variedades 'Andes nec' vendidas en Chile desde 2012 a la fecha. En el Anuario de Viveros de Chile del 2020, se registra la venta de 61.160 plantas de las variedades 'Andes nec' en 2019, lo cual representa un 24% del total de plantas de nectarino vendidas ese año, de 254.589 plantas totales.

Las nuevas variedades han permitido mejorar el estándar que disponía la industria hasta hace pocos años, ya que la serie 'Andes nec' se caracteriza por ser variedades de muy buena calidad sensorial, pudiendo alcanzar a los consumidores lejanos sin que la calidad decrezca, lo cual antes no era posible con las variedades disponibles. Es importante señalar además que, con la introducción al mercado de las variedades chilenas, la exportación total de nectarinas ha aumentado, como se observa en la figura 1. Las primeras exportaciones de 'Andes nec' se verificaron en 2015, y ya en la temporada 2021, cerca del 8% de las exportaciones de nectarinas chilenas corresponde a este grupo de variedades.

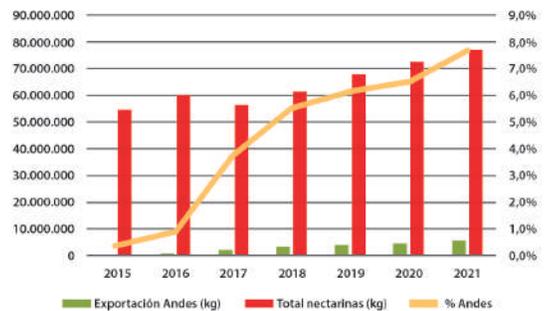


Figura 1. Evolución de la exportación total de nectarinas y la importancia relativa de las variedades 'Andes nec', de 2015 a 2021 (datos Cámara de Comercio de Santiago (CCS), 2021).

En las siete temporadas que se ha exportado fruta de las variedades 'Andes nec', se han enviado más de 23 mil toneladas a los cinco continentes, representando más de 27 millones de dólares en

ingresos para el país (CCS, 2021). La proyección es que la participación de las 'Andes nec' siga aumentando, cuando estén en plena producción las últimas tres variedades licenciadas. En 2021, se exportaron más de 8 millones de dólares de las variedades 'Andes nec', sin embargo, las dos últimas variedades licenciadas, 'Andes nec-5' y 'Andes nec-6', todavía no han sido masivamente exportadas. En 2021, solo se exportaron un poco más de 238 toneladas de 'Andes nec-5' de las primeras cosechas de los huertos recientemente establecidos y de la 'Andes nec-6' aún no se ha exportado fruta porque los huertos aún no inician a producir (CCS, 2021).

Es importante subrayar también como las variedades chilenas han contribuido a ingresar y consolidar la presencia chilena en el mercado asiático, especialmente el chino. Es bien sabido que el mercado chino es altamente exigente en cuanto a calidad del producto importado, y sumado a que el viaje hasta el destino final es muy largo, se requiere de variedades como las que el programa chileno ha generado. Se observa claramente esta situación en el destino de exportación de dos variedades icónicas, la 'Andes nec-1', la cual es una variedad de tipo tradicional de pulpa amarilla y la 'Andes nec-4', variedad de alto dulzor, baja acidez y de pulpa blanca. Así, en la temporada 2021, la 'Andes nec-1' ha sido exportada preferentemente a Norteamérica y, en segundo lugar, Europa, siendo ambos los mercados más tradicionales para las nectarinas chilenas. En el mismo año, la 'Andes nec-4' ha sido exportada en más del 92% del total solo al mercado asiático (Tabla 1). La apertura del mercado de China para las nectarinas chilenas se registró en 2016 y desde ese año hasta el presente, el aumento de los volúmenes exportados a ese país ha sido sostenido. En este sentido, esta oportunidad de negocios para Chile solo pudo concretarse cuando se contó con las variedades adecuadas para ese exigente mercado y es en este aspecto que las variedades 'Andes nec' han sido fundamentales.

El otro aspecto que refuerza la idea del gran impacto que ha tenido el programa chileno es en el reemplazo que han sufrido las variedades icónicas extranjeras por las nuevas variedades chilenas. La variedad 'Andes nec-1' ha reemplazado a una variedad similar, la italiana 'Venus', que ha sido la variedad más exportada de nectarina en los últimos veinte años. En la temporada 2021, 'Andes nec-1' representó más del 50% del volumen total de 'Venus' y la tendencia, para los próximos años, es que la variedad chilena siga aumentando y la italiana bajando. Caso similar ocurre con la variedad de pulpa amarilla de finales de temporada, la 'Andes nec-2', que está reemplazando a la tradicional norteamericana 'August Red', marcando una tasa de reemplazo muy similar al caso anterior. La evolución más impactante es la de la variedad francesa de pulpa blanca 'Magique' que está siendo reemplazada por la 'Andes nec-4'. Este caso es aún más elocuente en graficar el impacto del programa, en el sentido que 'Magique' es una variedad con solo 10 temporadas de exportación, muy exitosa y gestionada de forma muy exclusiva. En la última temporada, 'Andes nec-4', con solo cinco años de exportación, ha alcanzado a más del 70% del volumen de exportación de 'Magique' (Figura 2).

Modelos de gestión de variedades en Chile

El programa chileno se encuentra en una fase de madurez suficiente como para proyectar su actividad de los próximos años en un escenario en que ya no se contará con el apoyo financiero regular de CORFO para mantener su operación basal. Ha sido una iniciativa muy exitosa en la obtención de nuevas variedades valoradas por la industria chilena y por los consumidores de los mercados de exportación de la fruta chilena. A partir de 2022 se requerirá poner en pie un modelo que permita que el programa siga funcionando y generando las variedades que son requeridas por la industria. Se deberá generar un modelo de trabajo capaz de sostenerse financieramente, diversificando los

	Andes nec 1		Andes nec 4	
	Volumen (kg)	%	Volumen (kg)	%
Asia	243.114	11%	1.057.131	92%
Norteamérica	1.217.846	54%	59.310	5%
Sudamérica	324.933	15%	21.189	2%
Europa	453.286	20%	8.309	1%
Total	2.239.179	100%	1.145.939	100%

Tabla 1. Exportación de la nectarina de pulpa amarilla 'Andes nec-1' y de la nectarina de pulpa blanca 'Andes nec-4' en la temporada 2021 (datos Cámara de Comercio de Santiago, 2021).

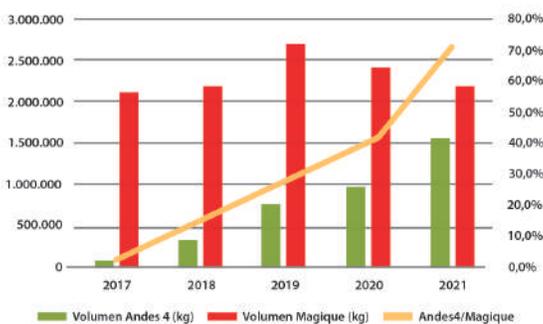
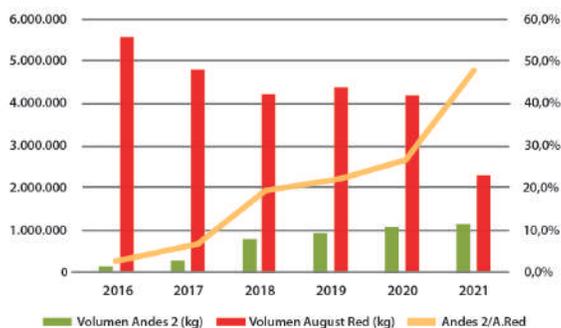
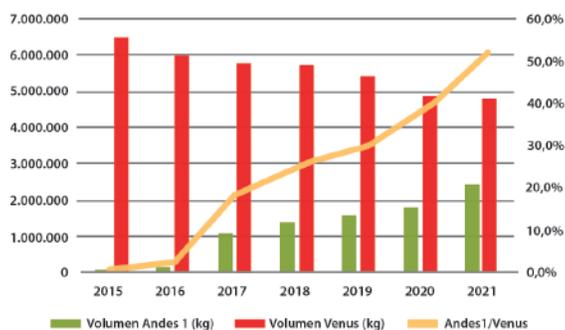


Figura 2. Relación de exportación de variedades extranjeras y variedades 'Andes nec'. A) Variedades 'Andes nec-1' y 'Venus'; B) variedades 'Andes nec-2' y 'August Red' y C) variedades 'Andes nec-4' y 'Magique' (datos Cámara de Comercio de Santiago, 2021).

canales de oferta de variedades, fortaleciendo la transferencia tecnológica, acelerando la internacionalización, generando variedades con atributos nuevos que satisfagan a los mercados internacionales y desarrollando marcas que identifiquen a los nuevos productos.

Los gestores de variedades en Chile han generado modelos de negocios muy rentables, que han permitido el desarrollo de varios negocios

de explotación comercial de nuevas variedades frutales. Sin embargo, estos modelos, muchas veces, se sustentan en la contribución de un solo agente de la industria, que normalmente es el productor de fruta. Así, de cierto modo, a pesar de que la producción y exportación de una nueva variedad frutal tiene un impacto positivo en todos los agentes de la cadena productiva, como viveros, productores y exportadoras, solo ha sido solventado por uno de ellos.

Internacionalización del mejoramiento genético chileno

En el marco del proyecto CORFO, la internacionalización del programa se ha llevado adelante, como estaba comprometido, esto es generando acuerdos de evaluación de las nuevas variedades en diferentes países. Así, se han firmado acuerdos entre la gestora de las variedades 'Andes nec', ANA-Chile con varias instituciones extranjeras. Se firmaron acuerdos con contrapartes en Sudáfrica, en California y también en Europa. Estos acuerdos buscan que las variedades 'Andes nec' sean producidas comercialmente también en otros países del mundo, así la propiedad de estas variedades ha debido ser protegida en cada nuevo mercado. De esta forma, las siguientes patentes en Estados Unidos ya fueron concedidas: 'Andes Nec-3' (fecha 15/09/2015, número US PP25, 893 P3), 'Andes Nec-1' (fecha 9/02/2016, número US PP26.403P3), 'Andes Nec-2' (fecha 9/10/2018; número US PP29,727P3), 'Andes Nec-4' (fecha 25/12/2018; número: US PP29,705P3) y 'Andes Nec-5' (fecha 2/02/2021, número US PP 32,853 P2). Los procesos de protección también se están activando tanto en la Unión Europea, como en Australia. La protección de la propiedad intelectual en el extranjero busca que la industria frutícola chilena no solo exporte frutas de excelente calidad, sino que exporte conocimiento científico, en la forma de nuevas variedades frutales con características genéticas únicas.

Desde el punto de vista de la investigación, se han establecido acuerdos de trabajo con instituciones extranjeras, se ha importado material genético valioso, se han invitado a destacados expertos internacionales, se han realizado investigaciones en colaboración con instituciones extranjeras y se ha evaluado fruta chilena en el hemisferio Norte. Estas actividades han apuntado particularmente a

fortalecer colaboraciones académicas.

Se buscará avanzar significativamente en la internacionalización, estableciendo actividades de mejoramiento genético en el extranjero, en paralelo con las realizadas en Chile. Este nuevo paso en la internacionalización permite que el programa pueda realizar campañas de cruzamientos dos veces por año, como también tener dos temporadas de evaluación y selección de variedades por año. Esta forma de operar permitirá hacer un trabajo mucho más eficiente y acceder a mercados mucho más grandes que el chileno. Para que exista una real sinergia y avance, es fundamental que el socio extranjero esté localizado en el hemisferio norte, asegurando así que las actividades de mejoramiento como la generación de variedades en ambas sedes sea complementaria.

Desarrollo de marcas para las nuevas variedades

Hasta ahora las variedades desarrolladas en el ámbito del programa han sido inscritas en Chile en el Registro de Variedades Protegidas del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) con la denominación 'Andes nec' y acompañadas con un número correlativo a la fecha de inscripción en el Registro. No ha existido un trabajo mirado a generar una marca que las acompañe en su tránsito en la cadena comercial.

En una nueva etapa del programa se requiere que las nuevas variedades tengan una marca asociada que las identifique. Los beneficios de este cambio radican, en primer lugar, que se ofrecerán productos con nombres atractivos y asociados a características propias de la variedad. Esta es la mejor forma de lograr la fidelización de los consumidores de nectarinas en el mundo, quienes buscarán repetir la compra y para ello dispondrán de un elemento distintivo, que es la marca del producto. En segundo lugar, se podrá generar una protección del negocio asociado a las variedades más allá de la vigencia de la protección otorgada por el derecho del obtentor en sí mismo (que en Chile es 18 años). Se buscará generar series de variedades con características comerciales comunes (nectarinos de pulpa blanca o duraznos de pulpa amarilla, por ejemplo) que maduren en periodos diferentes, pero que formen una "cadena continua" que asegure una oferta permanente durante los meses de primavera y verano con un

producto similar. El desarrollo de marcas (*branding*) de variedades frutales es un proceso complejo que tiene varios pasos secuenciales que deben ser seguidos muy seriamente para así generar nombres e imágenes del producto que sean significativas y que evoquen en los consumidores sensaciones positivas.

Conclusiones

El Estado de Chile, a través de la convocatoria "Programa de Mejoramiento Frutícola y Hortícola" de INNOVA-Chile de 2009, invirtió montos de dinero muy significativos para levantar tres proyectos en mejoramiento genético frutal. En el caso del programa de duraznero/nectarino, los resultados han sido sobresalientes. Se han ya exportado más de 23 mil toneladas de fruta de las nuevas variedades, lo que significa ingresos por más de 27 millones de dólares para la economía nacional, y en los próximos años, este impacto seguirá aumentando con la llegada al mercado de las variedades 'Andes nec-5' y 'Andes nec-6'. Desde el punto de vista de la eficiencia del gasto público, considerando que el financiamiento estatal al proyecto fue de aproximadamente 3,5 millones de dólares, la rentabilidad social y privada son muy contundentes. Más importante aún, resultado del proyecto CORFO, es la contribución a la formación de capital humano avanzado y el avance hacia una economía basada en el conocimiento en la industria frutícola. Así, el programa está contribuyendo a que Chile ya no solo sea un líder en la exportación de fruta al resto del mundo, sino que pueda exportar propiedad intelectual a otros países productores de fruta.

Finalmente, se ha alcanzado la meta planteada originalmente y se ha cambiado radicalmente cómo la industria frutícola se posiciona ante los nuevos desafíos. Estamos ante un escenario en el cual la industria nacional e internacional ha conocido y valorado las nuevas variedades chilenas y por ese motivo la proyección del trabajo de mejoramiento genético es auspicioso.

Literatura citada

Cámara de Comercio de Santiago. Datos de exportación de duraznos y nectarinas. Años 2012–2021.

Cáceres, D., Díaz, M., Shinya, P., Infante, R. 2016. Assessment of peach internal flesh browning through colorimetric measures. Postharvest Biology and Technology 111: 48–52

Contador, L., Díaz, M., Millanao, M., Hernández, E., Shinya, P., Sáenz, C., Infante, R. 2016. A proposal for determining the flesh softening of peach and nectarine in postharvest through simplified targeted modeling. Scientia Horticulturae 209: 47–52

Infante, R., Meneses, C., Byrne D. H. 2006 a. Present situation of peach breeding programs: Post harvest and fruit quality assessment. Proceedings of the Sixth International Peach Symposium. Acta Horticulturae 713: 121–124

Infante, R., Reginato, G., Salamanca, P. 2006 b. Forced germination of nectarine seeds for early plant establishment in a breeding program. Proceedings of the Sixth International Peach Symposium. Acta Horticulturae 713: 125–130

*Infante, R., Meneses, C., Rubio, P., Seibert E. 2009. Quantitative determination of flesh mealiness in peach [*Prunus persica* L. (Batch.)] through paper absorption of free juice. Postharvest Biology and Technology 51: 118–121*

Pinto, C., Reginato, G., Shinya, P., Mesa, K., Díaz, M., Atenas, C., Infante, R. 2015. Skin color and chlorophyll absorbance: Indices for establishing a harvest date on non-melting peach. Scientia Horticulturae 192: 231–236

Sansavini, S., Gamberini, A., Bassi, D. 2005. Peach Breeding, Genetics and New Cultivar Trends. VI International Peach Symposium ISHS. Acta Horticulturae 713:

Competitividad de la Demanda Internacional de Duraznos y Nectarinas en Fresco

Miguel Ángel Giacinti

Gabinete MAG
Argentina

Introducción

El comercio mundial de durazno y nectarina en fresco presenta una tendencia a disminuir 3,98% anual en los últimos años (Tabla 1); con un precio FOB de exportación que presenta una tendencia creciente entre 2016 y 2020, tanto en euros (+4,97%) como en dólares (+5,39%).



Tabla 1. Evolución de la demanda internacional en fresco por mercados (Ton)

Mercado	Región	2016	2017	2018	2019	2020	Crec. Anual
África	Norte	12.423	11.494	15.183	20.076	18.917	12,01%
	Sur	3.558	3.774	3.499	3.102	2.625	-5,99%
	Oeste	269	348	413	417	308	3,42%
	Este	822	520	923	304	259	-18,65%
	Central	174	150	183	125	62	-13,95%
Total, África		17.246	16.286	20.201	24.024	22.171	7,37%
UE.	Europa Central	488.615	508.522	414.161	475.744	370.795	-4,67%
	Mediterráneo	316.882	332.395	318.147	298.761	279.306	-2,78%
	Este de Europa	325.626	396.890	265.617	272.302	192.937	-10,42%
	Escandinavia	43.479	45.803	43.624	40.493	35.221	-4,11%
Total, EU		1.174.602	1.283.610	1.041.549	1.087.300	878.259	-5,65%
Lejano Oriente & Asia.	Asia Central	58.646	66.704	65.849	70.902	67.034	2,59%
	Este de Asia	34.532	31.237	42.769	53.552	60.830	15,01%
	Sudeste de Asia	20.870	25.936	16.623	70.828	57.368	33,23%
	Oceanía	3.794	2.079	3.168	2.761	2.001	-8,19%
	Islas Océano Indico	398	558	417	532	352	-2,07%
	Sur de Asia	68	92	127	286	327	53,69%
Total, LO & Asia		118.308	126.606	128.953	198.861	187.912	12,10%

Mercado	Región	2016	2017	2018	2019	2020	Crec. Anual
Latino Am.	América Central	32.829	24.720	33.978	36.039	27.264	0,05%
	Mercosur	25.064	22.391	22.843	23.687	15.146	-6,63%
	Sudamérica	7.365	8.841	8.224	8.957	7.699	0,77%
	Caribe	133	146	108	110	196	5,36%
Total, Latino América		65.391	56.098	65.153	68.793	50.305	-2,26%
Medio Oriente. Medio Oriente		133.294	136.685	127.155	143.985	113.587	-1,94%
Total, Medio Oriente		133.294	136.685	127.155	143.985	113.587	-1,94%
EE.UU & Canadá. Norteamérica		94.422	75.583	78.576	77.747	73.160	-3,97%
Total, USA & Canadá		94.422	75.583	78.576	77.747	73.160	-3,97%
Reino Unido		95.054	103.144	82.205	91.928	66.076	-6,17%
Total		95.054	103.144	82.205	91.928	66.076	-6,17%
Rusia. Rusia		417.814	397.163	345.427	298.569	325.065	-6,22%
Total, Rusia		417.814	397.163	345.427	298.569	325.065	-6,22%
Total, general		2.116.131	2.195.175	1.889.219	1.991.207	1.716.535	-3,98%
Precio FOB kg Dólar		\$ 1,00	\$ 0,95	\$ 1,13	\$ 1,06	\$ 1,30	5,39%
Precio FOB kg Euro		\$ 0,90	\$ 0,84	\$ 0,96	\$ 0,94	\$ 1,14	4,97%
Paridad monedas. Dólar/Euro		1,107	1,130	1,181	1,120	1,141	0,41%

Fuente: Elaboración propia con datos de la Cámara de Comercio Internacional (ITC, Trademap)

Tabla 2. Estructura de la oferta mundial en los últimos doce meses por origen (%)

Exportadores	2020 M07	2020 M08	2020 M09	2020 M10	2020 M11	2020 M12	2021 M01	2021 M02	2021 M03	2021 M04	2021 M05	2021 M06
España	41,5%	44,5%	52,2%	59,0%	31,0%	9,0%	4,0%	2,4%	2,8%	54,2%	65,0%	58,2%
Turquía	7,3%	10,8%	19,1%	6,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,5%	23,1%	23,9%
Estados Unidos	3,8%	3,9%	6,7%	19,0%	0,7%	0,7%	1,1%	0,9%	0,7%	1,2%	4,2%	5,9%
Grecia	17,4%	14,5%	5,8%	2,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,2%	0,5%	5,4%
Francia	1,9%	2,2%	1,3%	0,2%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	5,3%	2,5%	1,9%
Georgia	3,9%	2,8%	1,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,4%
Portugal	0,3%	0,2%	0,3%	0,1%	0,4%	0,2%	0,1%	0,1%	0,2%	0,2%	0,5%	0,8%
Lituania	1,8%	1,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,5%
Serbia	3,0%	2,8%	1,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%
Italia	6,1%	8,7%	3,6%	1,1%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,7%	1,7%	0,0%
Polonia	1,3%	0,5%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,8%	0,0%
Rep. Checa	0,1%	0,1%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%
Rusia	0,1%	0,1%	0,2%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%
Japón	0,2%	0,1%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
Alemania	0,9%	0,9%	0,8%	0,4%	0,5%	0,1%	0,2%	0,1%	0,5%	1,1%	0,6%	0,9%
Portugal	0,3%	0,2%	0,3%	0,1%	0,4%	0,2%	0,1%	0,1%	0,2%	0,2%	0,5%	0,6%
Kazajstán	1,6%	1,2%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
China	6,3%	2,5%	2,2%	5,7%	3,2%	0,2%	0,1%	0,0%	0,0%	1,8%	0,0%	0,0%
Bulgaria	0,4%	0,4%	0,3%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
Armenia	1,3%	1,4%	1,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Otros países	0,4%	0,9%	1,7%	1,9%	2,9%	0,9%	0,2%	0,3%	0,2%	0,8%	0,1%	0,0%
Hemisferio Norte	100%	100%	100%	96,9%	39,4%	11,6%	5,8%	4,0%	4,7%	72,3%	99,9%	100%
Chile	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,8%	33,7%	57,2%	77,5%	76,1%	25,4%	0,1%	0,0%
Sudáfrica	0,0%	0,0%	0,0%	3,0%	46,8%	36,5%	18,8%	8,9%	14,4%	2,1%	0,0%	0,0%
Australia	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	9,6%	14,7%	15,3%	6,6%	2,0%	0,2%	0,0%	0,0%
Argentina	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,4%	3,5%	2,9%	3,1%	2,8%	0,1%	0,0%	0,0%
Hemisferio Sur	0,0%	0,0%	0,0%	3,1%	60,6%	88,4%	94,2%	96,0%	95,3%	27,7%	0,1%	0,0%

Fuente: Elaboración propia con datos de la Cámara de Comercio Internacional (ITC, Trademap)

El análisis abarca los principales países productores y exportadores (Tabla 2), resaltando el liderazgo mundial de España y Chile, además de otros exportadores. La muestra recopilada representa 96,5% del comercio mundial, permitiendo un sólido análisis predictivo de la demanda internacional en el hemisferio sur al 2025, como también, la elaboración de los mapas de competitividad de cada país exportador.

El perfil de la demanda internacional en el hemisferio norte es notoriamente diferente o asimétrico con relación al hemisferio sur (Figura 1). El dato llamativo es que el crecimiento en la demanda internacional de durazno y nectarina en fresco desde el Lejano Oriente y Asia; no solo se verifica desde la oferta productiva del hemisferio sur, sino también con relación a la del hemisferio norte. Lo cual tiene lógica dado que es la región de mayor volumen de producción mundial, pero de baja calidad comercial.

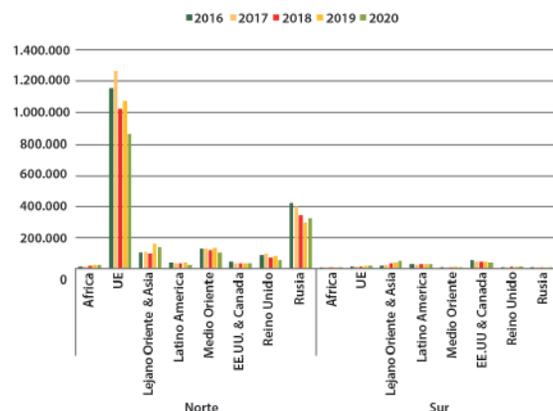


Figura 1 – Comparación de la exportación hemisferio norte y sur por mercados (toneladas).

Fuente: Elaboración propia con datos de la Cámara de Comercio Internacional (ITC, Trademap)

Metodología y fuentes estadísticas utilizadas

Para elaborar los mapas de competitividad (tendencia comercial del perfil exportador en cada país), se utilizó el Índice de Competitividad de Comercio Exterior (ICCE) que determina el posicionamiento de un país con relación a un producto en particular, abarcando los destinos más relevantes de las exportaciones. En este caso, se aplicará para analizar la exportación de durazno y

nectarina en los diferentes países relevantes (Tabla 2), relacionado principalmente con mercados a los cuales abastecen.

El ICCE relaciona como numerador la “cuota de mercado” en los países importadores relevantes de ese producto, y como denominador la “participación” del país en la exportación mundial de un producto en particular:

$$\text{Fórmula: ICCE} = (X^k_i / X^k_w) / (M^k_{ij} / M^k_j)$$

Dónde: (ICCE) Índice de competitividad de comercio exterior; (X^k_i) Exportación producto “k” del país “i”; (X^k_w) Exportación mundial (w) del producto “k”; (M^k_{ij}) Importación del producto “k” del país “i” en el país “j”; (M^k_j) Importación total producto “k” en el país “j”.

Los datos anuales son de volumen en este caso analizado, priorizando dimensionar la estructura productiva del negocio internacional.

Una cuota de participación en un mercado específico que sea superior a la participación mundial como exportador, denotaría mayor competitividad estructural, y viceversa si es menor. Por lo tanto, combinar en un análisis el ICCE y su tendencia en los últimos años –porque es una variable de efecto y no de causa–, es un método válido para evaluar la posición competitiva internacional de un producto desde un país exportador.

Los datos estadísticos sobre comercio exterior tienen como fuente al Centro de Comercio Internacional (ITC, sigla en inglés del International Trade Centre), representa el 96,5% de la exportación mundial en 2020. La base de datos elaborada corresponde a los siguientes países: España, Turquía, Grecia, Chile, Uzbekistán, China, Italia, Estados Unidos, Jordania, Francia, Georgia, Serbia, Sudáfrica, Líbano, Bielorrusia, Lituania, Australia, Túnez, Kazajistán, Argentina, Polonia, Egipto y Portugal.

Los datos de hectáreas y producción en cada país (2016 y 2019), resulta del sistema estadístico denominado FAOSTAT, de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Tendencia de la demanda al 2025

La proyección en base a los datos 2016 a 2020 en la oferta a nivel hemisferio sur, permite referenciar un aumento del 27,28% del volumen internacional hacia el 2025 (155.516 ton en 2020 a 197.936 ton en 2025); lo que implica una tasa de crecimiento anual del 4,03% (Tabla 3).

Los mercados con mayor potencial de aumentar su demanda son países de la región del Este de Asia (+84,73%), Sudeste de Asia (+55,43%), Mediterráneo

(+42,15%), Medio Oriente (+40,84%), Reino Unido (+39,41%), Sudamérica (+34,02%), América central (+32,91%), Europa Central (+25,60%) y Rusia (+24,62%). La tendencia lleva a pensar en un retroceso de la demanda en países del Mercosur (-23,66%), Norteamérica (-39,08%) y África (-6,31%).

El crecimiento esperado en países asiáticos (mayormente del este y sudeste), está sustentado en dos características relevantes. El primero es la alta propensión al consumo de frutas y vegetales en esta región, y, por otro lado, la abundancia de oferta local de baja calidad comercial y perfil de sabor dulce muy limitado o escaso.

Por lo comentado en el párrafo anterior, el sabor dulce es el primer atributo buscado por los

consumidores del este y sudeste asiático; seguido de apariencia y frescura. Los consumidores más jóvenes prestan atención a la apariencia y textura crujiente, atraídos también por nuevas formas como el estilo dona o achatado o también conocido como paraguayo.

El color amarillo también gana popularidad en general entre los consumidores asiáticos, mientras que los consumidores adultos también resaltan el sabor dulce y la jugosidad como atributos importantes, además de calidad premium.

Los países relevantes en Asia se destacan en la región este son: China, Hong Kong y Taiwán. En el sur es India, mientras que en el sudeste es Singapur, Malasia, Tailandia, Indonesia, Singapur y Vietnam.

Tabla 3 – Tendencia de la demanda internacional para el hemisferio sur al 2025 (ton)

Mercado	Región	2017	2018	2019	2020	2021*	2022*	2023*	2024*	2025*	Crec.An.
África	Norte	14	35	2	16	16	15	15	15	15	-1,24%
	Sur	1.638	1.723	1.428	1.537	1.507	1.492	1.477	1.463	1.448	-0,94%
	Oeste	504	416	290	240	235	231	226	222	217	-1,64%
	Este	28	44	60	52	51	50	49	48	47	-1,64%
	Central	74	88	36	49	48	48	47	47	47	-0,73%
Total, África		2.258	2.306	1.816	1.894	1.857	1.836	1.814	1.794	1.775	-1,05%
UE	Eurp. Central	10.109	10.790	13.950	12.465	12.979	14.283	14.697	14.668	15.656	3,70%
	Mediterráneo	2.368	2.959	2.166	3.510	3.661	3.874	4.231	4.837	4.990	6,72%
	Este de Europa	0	380	120	173	17	20	20	20	20	-32,94%
	Escandinavia	0	82	14	0	0	0	0	0	0	0,00%
Total, EU		12.477	14.211	16.250	16.148	16.657	18.176	18.949	19.525	20.666	4,26%
L.O. & Asia	Asia Central	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
	Este de Asia	18.817	29.089	35.064	45.757	51.708	60.822	68.521	76.968	84.525	11,12%
	Sudeste de Asia	1.513	2.469	2.657	2.294	2.812	3.076	3.072	3.266	3.566	6,36%
	Oceanía	333	263	252	250	265	228	235	229	220	-2,50%
	Islas Océano Índico	94	182	192	107	155	160	135	132	146	1,76%
Sur de Asia	28	101	54	82	102	112	111	135	143	9,00%	
Total, L.O & Asia		20.785	32.104	38.219	48.490	55.042	64.398	72.074	80.730	88.600	10,8%
Latino Am.	Am. Central	7.024	7.586	9.695	10.566	10.246	11.851	12.713	13.210	14.043	5,53%
	Mercosur	10.652	15.212	11.592	10.310	10.806	10.337	8.490	8.454	7.871	-5,26%
	Sudamérica	5.856	6.658	7.205	7.142	7.885	8.312	8.637	9.046	9.572	4,64%
Caribe	53	64	47	68	61	65	66	72	70	1,54%	
Total, Latino América		23.585	29.520	28.539	28.086	28.999	30.564	29.906	30.782	31.557	1,8%
Medio Oriente	Medio Oriente	7.481	8.183	10.428	9.291	10.474	11.300	11.819	12.100	13.085	5,29%
Total, Medio Oriente		7.481	8.183	10.428	9.291	10.474	11.300	11.819	12.100	13.085	5,3%
EE.UU. & Canadá.	Norteam.	44.084	45.721	42.443	37.434	34.761	32.808	28.581	25.501	22.803	-8,09%
Total, EE.UU. & Canadá		44.084	45.721	42.443	37.434	34.761	32.808	28.581	25.501	22.803	-8,1%
Reino Unido		9.209	10.555	12.100	12.094	13.229	14.311	15.050	15.792	16.860	5,47%
Total		9.209	10.555	12.100	12.094	13.229	14.311	15.050	15.792	16.860	5,47%
Rusia	Rusia	2.092	2.820	1.989	2.079	2.600	2.398	2.307	2.561	2.591	2,34%
Total, Rusia		2.092	2.820	1.989	2.079	2.600	2.398	2.307	2.561	2.591	2,34%
Total, general		121.971	145.420	151.784	155.516	163.617	175.791	180.500	188.784	197.936	4,03%

Fuente: Elaboración propia con datos de la Cámara de Comercio Internacional (ITC, Trademap)

(*) proyectados

Mapas de competitividad

El mapa de competitividad se enfoca en la tendencia de la cuota de mercado con relación a los principales destinos comerciales, también la relevancia de cada mercado por volumen y el ICCE. Este último mide la participación de un país en un mercado con relación a su promedio de participación en el comercio mundial, cuanto más alto es el número (superior a 1), más relevante es ese mercado en cuanto a ventajas comparativas -cercanía o lazos comerciales- o competitivas. El multiplicar el porcentaje de participación mundial por el ICCE, permite dimensionar la cuota de mercado en cada país.

Hemisferio Norte Exportación de España

España con 77.700 hectáreas en 2019, exportó en fresco el 53,67% en ese año (57,67% en 2016); siendo la superficie un 8,9% inferior al 2016. La tendencia muestra una desaceleración en el volumen exportado entre 2016 y 2020, con una caída anual promedio del 0,4%. Los mercados externos a los cuales abastece con mayor competitividad -ICCE superior a 1, implica que la tasa de participación de mercado es superior a la media como exportador mundial del 38,1% en 2020- (Figura 2) son casi todos los principales destinos comerciales. Los mercados con mayor crecimiento anual en la cuota de mercado como proveedor son Dinamarca, Alemania, Suiza y Bélgica; mientras que decrece su participación en Países Bajos, Brasil, Polonia, Austria e Italia. Resultan estables en cuota de mercado el caso de Portugal, Francia y Reino Unido. En relevancia por volumen comercial, se destaca la exportación al mercado alemán.

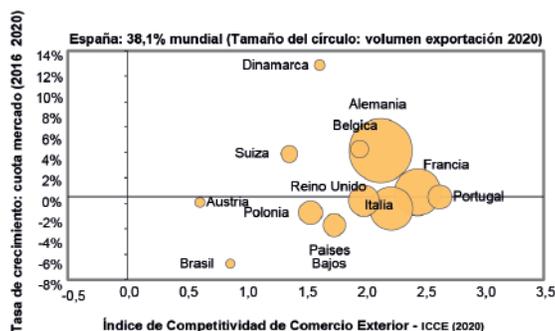


Figura 2 – Mapa de competitividad internacional de España

Fuente: Elaborado con información de ITC y metodología de Gabinete MAG

Exportación de Turquía

La superficie productiva en Turquía es estable en 46.294 hectáreas (45.237 en 2016), con una proporción exportada en fresco del 13% con relación a la producción. En el periodo 2016 a 2020, la oferta internacional turca crece en promedio al 12,1% anual; permitiendo aumentar su participación en el contexto mundial del 4,34% al 9,51%.

Los mercados externos a los cuales abastece con mayor competitividad -tasa de participación en cada mercado superior a la media como exportador mundial del 9,51% en 2020- (Figura 3) son Georgia, Siria, Rusia, Irak, Ucrania, Rumania y Croacia. Los mercados con mayor crecimiento anual en la cuota de mercado como proveedor son Alemania, Países Bajos, Bielorrusia, Rumania, Italia, Suecia, Croacia y Rusia; mientras que decrece su participación en Siria, Iraq y Arabia Saudita. En relevancia por volumen comercial, se destaca de manera significativa la exportación al mercado ruso.

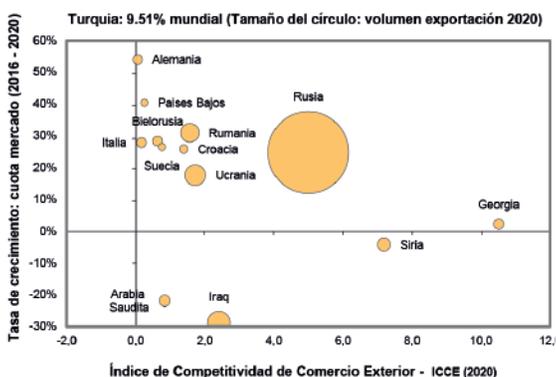


Figura 3 – Mapa de competitividad internacional de Turquía

Fuente: Elaborado con información de ITC y metodología de Gabinete MAG

Exportación de Grecia

La superficie cultivada en Grecia es de 41.410 hectáreas (levemente superior a las 39.710 del 2016), con una participación de la exportación en fresco del 16,78% sobre la producción. En el periodo analizado (2016-2020), la tendencia es una reducción del 2,3% anual en la oferta internacional, pero en un contexto mundial que decae al 3,98% anual; le permitió mejorar su posición mundial del 7,97% al 9,05%.

Presenta una política comercial diversificada, no obstante ello, los principales mercados a los cuales abastece en volumen son Ucrania y Rumania (Figura 4). Con un ICCE superior a 1 (participación mundial 9.05%), domina el mercado de Bulgaria (9.05% x 10.56 = 95.63%), Macedonia (9.05% x 10.47 = 94.80%), Rumania (9.05% x 7.97 = 72.18%) y Ucrania (9.05% x 7.36 = 66.61%). Los mercados con mayor crecimiento anual en la cuota de mercado como proveedor son Italia, Bielorrusia, Hungría, Polonia, República Checa, Ucrania y Bulgaria; mientras que decrece su participación en Serbia, Países Bajos, Egipto y Macedonia.

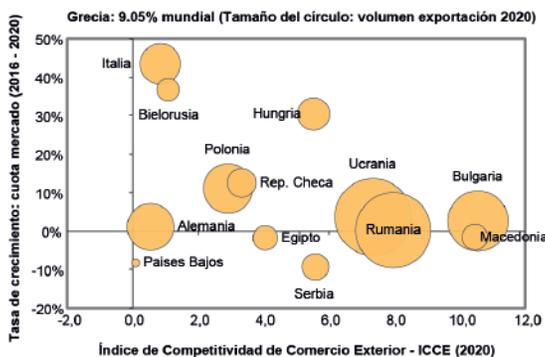


Figura 4 – Mapa de competitividad internacional de Grecia
Fuente: Elaborado con información de ITC y metodología de Gabinete MAG

Exportación de Uzbekistán

La información de FAOSTAT indica 18.229 hectáreas en 2019 (similar al 2016), con una producción de 188.722 toneladas, por lo cual la venta internacional representa el 45.45%. Esta representa el principal ingreso de divisas por frutas exportadas, mayormente producida en el Valle de Ferganá. La política turca de bajos precios y de aumento de volumen exportado es un problema para este país, dado que sus precios son muy superiores, pero no tienen una calidad que justifiquen una diferencia del 50%. Esta asimetría de precios también impactó en sus exportaciones de damascos y cerezas, obligando a ofrecer descuentos en su política de venta. Por ello da prioridad a desarrollar otros mercados en medio oriente.

Los mercados externos a los cuales abastece con mayor competitividad en los últimos años –tasa de participación en cada mercado superior a la media como exportador mundial del 5% en 2020–

(Figura 5) son, en orden de magnitud, Kazakstán, Turkmenistán, Kirguistán y Rusia. La curiosidad es que una proporción de las ventas a Kazakstán luego son reexportadas a Rusia. El mercado de mayor volumen comercial es Kazakstán y Rusia. Los mercados con mayor crecimiento anual en la cuota de mercado como proveedor son Turkmenistán, Kazakstán y Rusia.

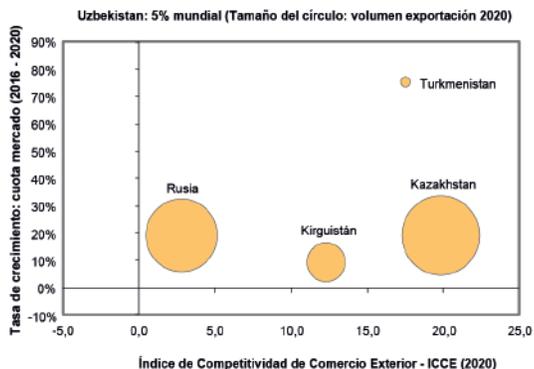


Figura 5 – Mapa de competitividad internacional de Uzbekistán
Fuente: Elaborado con información de ITC y metodología de Gabinete MAG

Exportación de China

Regalar duraznos en un cumpleaños es la forma de desear larga vida a la persona, es un cultivo milenario y muy arraigado en China. La superficie cultivada es de 840.919 hectáreas (similar al 2016), y la participación de la exportación es 0.5% de la producción local. La oferta de esta fruta que es muy abundante se caracteriza por lo general de baja calidad comercial o de presentación, con escaso o limitado sabor dulce. En la actualidad el perfil mayoritario del agricultor son mujeres de edad avanzada. Las plantaciones se localizan generalmente en áreas cercanas a ciudades de tamaño grande y medio y en su mayoría consisten en pequeñas parcelas otorgadas por el gobierno. Cultivan variedades dirigidas mayoritariamente al mercado nacional (mayormente de pulpa blanca), al que proveen entre finales de mayo y principios de octubre donde crece el interés por variedades de pulpa amarilla.

Los mercados externos a los cuales abastece se concentran en la demanda de Vietnam (Figura 6). Los mercados con mayor competitividad en el abastecimiento externo en casi todos los relevados como principales. La tendencia a crecer en la cuota de mercado es en Malasia, Hong Kong y Uzbekistán,

mientras que disminuye en el abastecimiento a Kirguistán. China representa el 4,52% en la exportación mundial, y con un ICCE del 22,17 en Vietnam, implica que domina este mercado con el 99,94% ($4,52\% \times 22,17$); un mercado potencial para ser desarrollado a contra estación.

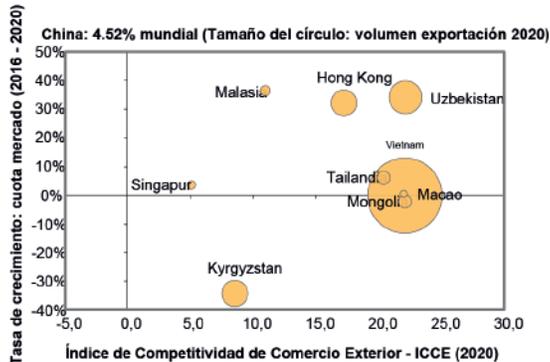


Figura 6 – Mapa de competitividad internacional de China

Fuente: Elaborado con información de ITC y metodología de Gabinete MAG

Exportación de Italia

La superficie cultivada es de 60.430 hectáreas en 2019, menor a las 65.761 del 2016. La exportación participaba del 16% en 2016 y hoy disminuyó al 6,3%. La mayor competencia española y griega por la restricción rusa limitó su competitividad en Alemania, y por ello prefirió fortalecer el consumo interno.

En el periodo analizado la tendencia es una reducción del 17% anual en su oferta internacional, en un contexto global que decae al 3,98% anual; esto explica la baja del 10,8% al 4,49% del comercio mundial.

Los mercados externos a los cuales abastece con mayor competitividad en los últimos años -tasa de participación en cada mercado superior a la media como exportador mundial 4,49% en 2020- (Figura 7) son, en orden de magnitud, Alemania, Suiza, Dinamarca, Republica Checa, Noruega, Croacia, Eslovenia y Austria. La pérdida de competitividad se expresa en que en casi todos sus mercados de exportación disminuye su cuota de mercado. El mercado más relevante en volumen es Alemania, pero tiene una presencia importante en el mercado importado de Austria ($4,49\% \times 10,45 \text{ ICCE} = 46,93\%$), Croacia ($4,49\% \times 8,68 = 39\%$) y Eslovenia ($4,49\% \times$

$9,86 = 44,27\%$).

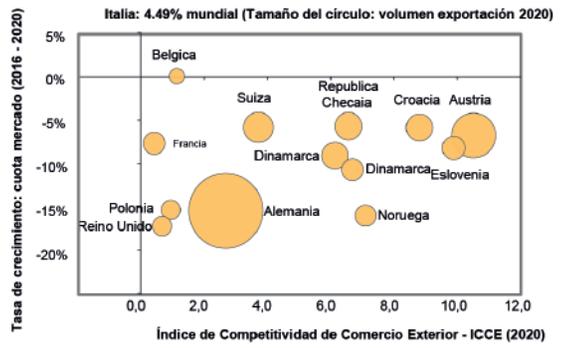


Figura 7 – Mapa de competitividad internacional de Italia

Fuente: Elaborado con información de ITC y metodología de Gabinete MAG

Exportación de Estados Unidos

La superficie cultivada es de 36.380 hectáreas en 2019, considerablemente menor a las 44.870 registradas en 2016. El comercio internacional se reduce del 9,76% al 8,34% en este periodo, con relación al volumen de producción. Esto explica que la participación mundial que desciende del 3,95% al 3,60%, con una tendencia en volumen a disminuir 3,2% por año.

Los mercados externos a los cuales abastece con mayor competitividad en los últimos años -tasa de participación en cada mercado superior a la media como exportador mundial del 3,6% en 2020- (Figura 8) son, en orden de mayor a menor ICCE, Japón, Australia, Nueva Zelanda, Canadá, México y Taiwán. Los mercados con mayor crecimiento anual en la cuota de mercado son Hong Kong y Japón. Mercados donde disminuye su participación son Costa Rica, Guatemala, México y Canadá. El 4 de marzo del 2020, logró un acuerdo comercial para exportar a China, para producción de California en los condados de Fresno, Tulare, Kern, Kings y Madera.

En relevancia por volumen comercial se destaca las ventas a Canadá y México; donde participa en 2020 con el 88,98% de las importaciones en el mercado canadiense ($3,6\% \times 24,75$) y en el 64,06% en el mercado mexicano ($3,6\% \times 17,82$).

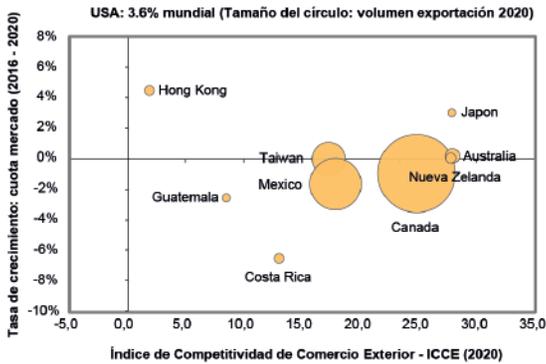


Figura 8 – Mapa de competitividad internacional de Estados Unidos

Fuente: Elaborado con información de ITC y metodología de Gabinete MAG

Exportación de Jordania

La superficie cultivada es 3.723 hectáreas en 2019, superior a las 2.558 hectáreas registradas en 2016. El volumen exportado representa el 67.48% de la producción. La exportación se ha mantenido relativamente estable en volumen, lo que le permitió mejorar del 2.96% al 3.12% la participación en el comercio internacional, en un contexto global donde disminuyó 3.98% por año.

El principal mercado externo al cual abastece es Iraq (Figura 9), el cual muestra un importante crecimiento anual en la cuota de mercado que lo posiciona actualmente con el 56.87% del durazno y nectarina importada ($3.12\% \times 18.24 \text{ ICCE}$). Los mercados con menor crecimiento anual en la cuota de mercado como proveedor son Qatar, Emiratos Árabes, Kuwait y Omán; mientras que se mantiene estable en Bahréin (islas del golfo pérsico).

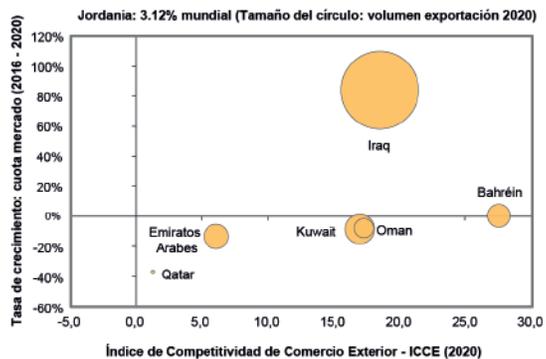


Figura 9 – Mapa de competitividad internacional de Jordania

Fuente: Elaborado con información de ITC y metodología de Gabinete MAG

Exportación de Francia

El cultivo de duraznos y nectarinas en Francia es de 9.040 hectáreas en 2019, levemente inferior a las 9.407 hectáreas registradas en 2016. La producción exportada es el 13.12% con relación a la cosecha, mientras que en 2016 alcanzaba el 20.21%. La restricción rusa de importación europea es una de las causales de este retroceso, que derivó en una mayor competencia del durazno español y griego en el mercado alemán; como también del fortalecimiento de la oferta italiana en su mercado interno.

Los mercados crecimiento en la cuota de mercado son Polonia, Ucrania, Serbia, Países Bajos y Republica Checa. Retrocede la cuota de mercado en Alemania, Bélgica, Noruega, Reino Unido e Italia. En volumen los principales mercados son Suiza e Italia (Figura 10).

Francia participa en el 1.55% de la exportación mundial, y presenta una importante participación en el mercado importado de España ($1.55\% \times 23.24 \text{ ICCE} = 36.62\%$) y Suiza ($1.55\% \times 19.61 \text{ ICCE} = 30.39\%$).

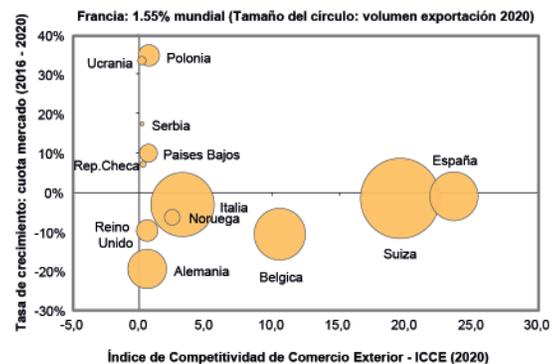


Figura 10 – Mapa de competitividad internacional de Francia

Fuente: Elaborado con información de ITC y metodología de Gabinete MAG

Exportación de Serbia

La superficie cultivada en 2019 eran 7.086 hectáreas, levemente a las 7.244 hectáreas del 2016. La participación del comercio exterior en fresco con relación a la cosecha, es el 34.51% (también levemente inferior al 39.39% del 2019). La merma de exportación (-10.3% por año la tendencia), al ser superior a la media global de caída (3.98% anual), explica el retroceso de participación mundial del 1.54% al 1.41%.

El principal destino comercial en volumen es el mercado ruso (Figura 11). Los mercados donde tiende a mejorar la cuota de mercado son en Rumania, Ucrania, Polonia, Croacia y Montenegro.

Los mercados donde tiende a disminuir la cuota de mercado son en Rusia y Bielorrusia. Y los mercados con mayor ICCE (cuota de mercado supera a la media como exportador mundial) son Montenegro, Bosnia y Herzegovina; donde participa de la demanda importada en el 100% en Bosnia y Herzegovina (1,41% x 70,90 ICCE) y 83,61% en Montenegro (1,41% x 59,28 ICCE).

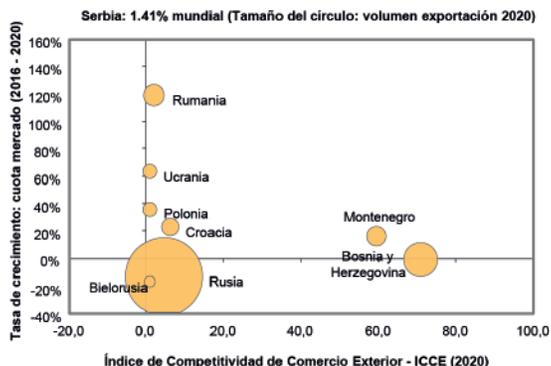


Figura 11 – Mapa de competitividad internacional de Serbia

Fuente: Elaborado con información de ITC y metodología de Gabinete MAG

Hemisferio Sur

Exportación de Chile

La superficie cultivada para la comercialización en fresco son 7.335 hectáreas (1.902 durazno y 5.433 nectarino), a los cuales debe adicionarse 7.113 hectáreas de durazno tipo conservero (Fuente: ODEPA). La producción de 2016 y 2019 resulta similar en 335.000 toneladas, con una participación de la exportación del 32,95% con relación a la producción anual. La participación mundial aumento del 4,65% al 6,58%, con una tendencia de aumento del volumen exportado del 2,8% por año, entre 2016 y 2020.

El mayor volumen exportado en fresco es a China y Estados Unidos (Figura 12); los mercados con mayor ventaja competitiva son estos países, además de Colombia, Brasil, México y Taiwán. Los mercados con mayor tasa de crecimiento en la cuota de mercado se posicionan en Alemania, Croacia, Reino Unido, Canadá, China, Rusia, México y Colombia. La oferta chilena representa el 81,73% de la importación china (6,58% x 12,42 ICCE) y 99% en Estados Unidos (6,58% x 15,19 ICCE).

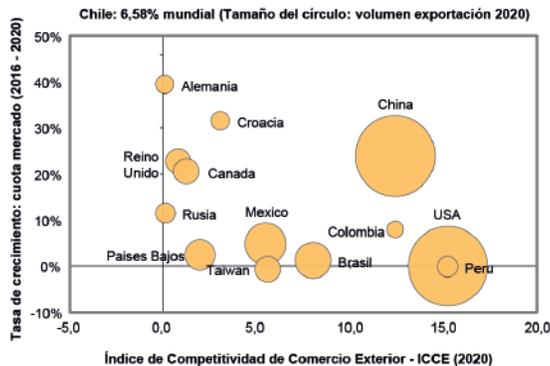


Figura 12 – Mapa de competitividad internacional de Chile

Fuente: Elaborado con información de ITC y FAOstat

Exportación de Sudáfrica

La superficie cultivada son 8.118 hectáreas en 2019, 22,8% inferior a la registrada en 2016 (10.516 hectáreas). La participación de la exportación en fresco es el 14,25% de la producción anual. La tendencia a incrementar 4,5% el volumen exportado, le permitió aumentar del 0,9% al 1,33% de la exportación mundial, en un entorno global donde la misma declina a razón del 3,98% por año.

Los mercados externos de mayor volumen de ventas son Reino Unido, Países Bajos y Emiratos Árabes (Figura 13); con el mayor ICCE en mercados como Namibia, Botsuana, Mauricio y Suazilandia. Así por ejemplo la participación de Sudáfrica en la cuota de mercado en Emiratos Árabes es 43,93% (1,33% x 33,12 ICCE); supera el 90% en Namibia, Suazilandia y Botsuana, mientras que en Mauricio es 69,75%.

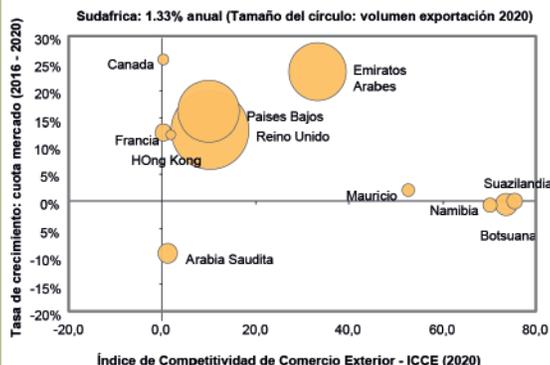


Figura 13 – Mapa de competitividad internacional de Sudáfrica

Fuente: Elaborado con información de ITC y metodología de Gabinete MAG

Exportación de Australia

La superficie cultivada son 12.141 hectáreas en 2019, algo más de las 11.551 hectáreas registradas en 2016. La proporción de exportación con relación a la producción anual, representa el 19,74% en 2019 y superior al 2016 (12,95%). El volumen exportado tiende a incrementarse 10,2% anualmente, lo que le permitió aumentar del 0,49% al 0,85% en la participación mundial del comercio exterior.

El principal mercado en volumen es China (Figura 14), en el cual participa con el 26,30% (0,85% x 31,01 ICCE). El crecimiento vertiginoso de Chile, explica la tendencia negativa en la cuota de mercado dado que contabiliza 67,20% de importación en 2016. Los mercados con tendencia negativa en cuota de mercado, además de China, son Emiratos Árabes, Hong Kong e Indonesia. La tendencia es positiva en cuota de mercados en Kuwait, Omán, Taiwán, Canadá, Tailandia, Qatar y Arabia Saudita.

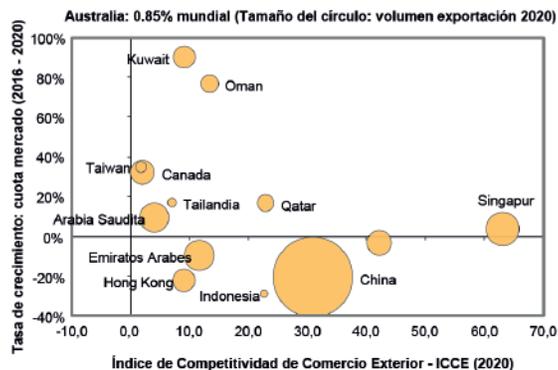


Figura 14 – Mapa de competitividad internacional de Australia

Fuente: Elaborado con información de ITC y metodología de Gabinete MAG

Exportación de Argentina

La superficie cultivada es 12.835 hectáreas en 2019, similar a las 12.648 registradas en 2016. La exportación en fresco representa el 1,93% de la producción anual, la cual es superior al 0,57% que se contabilizaba en 2016. La participación a nivel global aumentó del 0,07% al 0,19%.

Los mercados más representativos son las exportaciones a Brasil y Paraguay (Figura 15); particularmente aumentó las ventas al mercado

brasileño en los últimos años; donde participa con el 13,82% del mercado importado (0,19% x 73,04 ICCE).

El mercado brasileño de durazno y nectarina importada es dominado por España (52,73%), seguido de las ventas de Chile (32,98%) y Argentina. La disminución de los envíos desde España y Chile, es aprovechado por la producción de Argentina; por ello el crecimiento en la cuota de mercado.

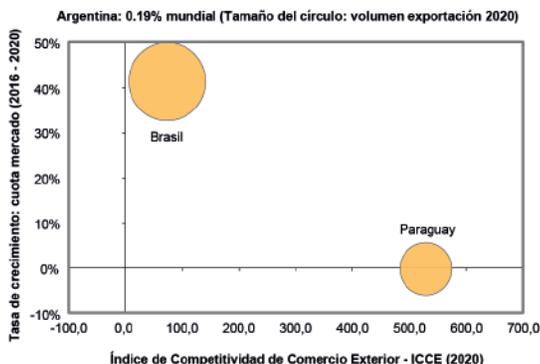


Figura 15 – Mapa de competitividad internacional de Argentina

Fuente: Elaborado con información de ITC y metodología de Gabinete MAG

Conclusiones

El comercio mundial de durazno y nectarina presenta una tendencia negativa en volumen a nivel global con aumento de precios FOB de exportación, en el periodo 2016 a 2020 (Tabla 1).

Esto contrasta con la predicción de crecimiento de la demanda para el hemisferio sur del 27,28% hacia el 2025 (155.516 ton en 2020 a 197.936 ton en 2025); lo que implica una tasa de crecimiento anual del 4,03% (Tabla 3). La probabilidad de ocurrencia de este escenario es alta, dado que, mientras la exportación del hemisferio norte retrocede año a año, la del hemisferio sur presenta una tendencia creciente entre 2016 y 2020.

Los mercados con tendencia a incrementar su demanda para la producción del hemisferio sur son países de la región del Este de Asia (+84,73%), Sudeste de Asia (+55,43%), Mediterráneo (+42,15%), Medio Oriente (+40,84%), Reino Unido (+39,41%), Sudamérica (+34,02%), América central (+32,91%), Europa Central (+25,60%) y Rusia (+24,62%). Esta tendencia también predice un retroceso de la demanda en países del Mercosur (-23,66%), Norteamérica (-39,08%) y África (-6,31%).

Las tendencias del mercado que están afectando la rentabilidad del productor por disminuidos precios por la baja calidad generalizada de la presentación que se verifica en la venta minorista, escaso o limitado sabor dulce, falta de innovación incluso en la forma (Ej.: plana o dona o achatada), el alto costo de la mano de obra, los beneficios para la salud y problemas de seguridad alimentaria.

Estas presiones y la demanda de calidad premium con mercado sabor dulce en consumidores de más de 50 años, el avance en el sistema comercial y del marketing, innovación de forma y color (pulpa y/o epidermis) para los consumidores jóvenes, jugosidad para los consumidores tradicionales y crujiente para los jóvenes, renuevan el interés como oportunidad comercial para su desarrollo de manera rentable en la próxima década.

El escenario de Asia requiere de variedades de excelente calidad sensorial y capaces de mantener la misma el tiempo suficiente para recorrer hasta 15.000 km entre exportador y mercado (Figuras 16 y 17); y hasta 2 semanas en la cadena de ventas.

El reciente acuerdo para ingresar duraznos de Estados Unidos (Figura 8) a China es una buena noticia para los productores de California, pero

no incluye por ahora, reducción de aranceles. Los productores chinos tienden a plantar nectarinas en reemplazo de duraznos, por tener un adelantamiento en la venta y precios más favorables; dado que, el abundante volumen de durazno con baja calidad reduce el precio en el mercado y con ello la rentabilidad para el productor.

Los mapas de competitividad de Chile (Figura 12) y Australia (Figura 14), son los que están favorecidos con la tendencia de crecimiento en los mercados asiáticos, mientras que para Sudáfrica (Figura 13) su potencial es Medio Oriente, Reino Unido y Europa Central. La interrogante es quién pondrá en su agenda el comercio potencial con países del Mediterráneo; que puede tener preferencias diferentes al mercado alemán o inglés, por ejemplo.

Para la oferta chilena la disminución continua del consumo en Estados Unidos, acentúa la necesidad de potenciar sus ventas en mercados alternativos y de calidad premium, como también el desarrollo de variedades competitivas para este escenario de crecimiento en la demanda internacional en países del este y sudeste de Asia; que requieren una logística de transporte en promedio de 15.000 kilómetros.



Figura 16– Países importadores y distancia media de sus proveedores



Figura 17 – Países exportadores y distancia media de sus mercados



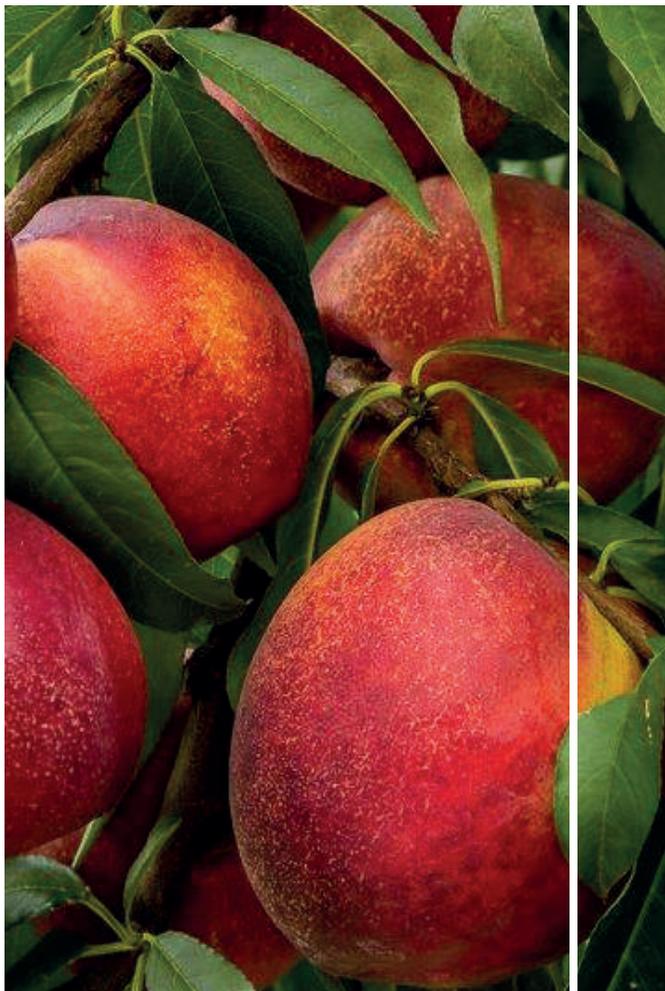
Orientación del Programa de Mejoramiento Genético en Poscosecha y Textura

Loreto Contador

Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de Chile

La fruta fresca es comercialmente un producto importante e indispensable para la alimentación humana. Como parte de una dieta balanceada, la fruta juega un rol vital en la nutrición a través del suministro de nutrientes necesarios para mantener una buena salud. Un factor limitante que influye en su valor comercial es su corto período de maduración y la reducida vida de poscosecha. Esta situación es especialmente evidente en frutos de carozo, como el durazno y la nectarina, que, además en el caso de Chile, deben soportar extensos viajes para llegar a los mercados destino.

La mayor parte de las variedades de duraznos y nectarinas que exporta Chile han sido creadas en el extranjero, por lo que su creación se gestó a partir de la necesidad de satisfacer demandas locales y mercados cercanos a su zona de producción. La mayoría de éstas, por lo tanto, son incapaces de mantener su calidad y condición por períodos mayores a 15 días después de ser cosechadas. La lejanía de los mercados a los que Chile exporta su producción de duraznos y nectarinas, impulsó que durante el desarrollo del programa de mejoramiento genético chileno se considerara fundamental obtener variedades que tuvieran un excelente desempeño durante la poscosecha y, por ende, que desarrollaran su mejor calidad organoléptica cuando fuera comprada por los consumidores. Una de las primeras líneas de investigación consistió entonces en estudiar



el potencial de poscosecha de las variedades extranjeras y compararlas con las selecciones obtenidas por el programa chileno. Sin embargo, al poco andar, quedó en evidencia que primero se debía contar con protocolos y herramientas que permitieran hacer de manera más eficiente tal estudio. Así fue como se desarrollaron metodologías para medir estados de madurez, la harinosidad y el pardeamiento interno, el ablandamiento de la pulpa y la textura de la fruta.

Madurez y Climaterio

La maduración de la fruta es un proceso altamente coordinado y genéticamente programado. Se caracteriza por una serie de cambios fisiológicos y bioquímicos que finalmente conducen al desarrollo de una fruta madura con características deseables de calidad. El ablandamiento de la pulpa es uno de los principales fenómenos relacionados con la

maduración y determina directamente la calidad de la fruta y la vida de poscosecha. La maduración, como parte del fenómeno de senescencia de los frutos, es un proceso de diferenciación de tejidos, coordinado y regulado genéticamente. Se caracteriza por el ablandamiento de los tejidos y comprende alteraciones físicas y químicas de los polisacáridos de la pared celular tales como la pectina y la hemicelulosa. Dichas modificaciones en la estructura de los tejidos alteran la apariencia, la textura, el sabor y el aroma de los frutos, haciéndose más atractivos para los organismos que dispersarán las semillas.

Desde el punto de vista comercial y hortícola, la maduración le confiere al fruto características positivas y negativas. Por una parte, permite que se desarrollen sabores y aromas deseables, pero la disminución de la firmeza aumenta la susceptibilidad al ataque de patógenos y daños mecánicos por manipulación. De hecho, el ablandamiento es el principal factor limitante de la vida de anaquel, transporte y almacenamiento de la fruta.

Las diferentes especies de fruta se pueden clasificar en climatéricas y no climatéricas. Esta clasificación hace referencia a su patrón de respiración. A medida que va transcurriendo la maduración, la tasa respiratoria del fruto va disminuyendo. Sin embargo, en las frutas climatéricas, como duraznos y nectarinas, ocurre durante esta disminución paulatina de la tasa de respiración, un alza drástica en un tiempo muy acotado. A esta alza respiratoria se le conoce como climaterio, el cual se caracteriza además por un aumento en la producción endógena de etileno. El etileno, conocido como la "hormona de la maduración", induce una serie de cambios metabólicos, principalmente en la pared celular de los tejidos parenquimáticos, desencadenando el ablandamiento de la pulpa.

Las frutas no climatéricas una vez que han sido separadas de su planta no prosiguen en su proceso de maduración, mientras que las climatéricas pueden seguir madurando y desarrollar así su potencial organoléptico después de la cosecha. Es por esto, que, en términos comerciales, para el manejo de los duraznos y nectarinas se definen dos tipos de madurez:

1. Madurez fisiológica o madurez de cosecha, en la cual la fruta alcanza una composición tal que asegura un posterior desarrollo del potencial organoléptico,

2. Madurez de consumo, en la cual las características organolépticas están totalmente

desarrolladas alcanzando el máximo sabor y aroma y mejor textura.

Según lo anterior, el estado de madurez en el cual se cosechan los duraznos y nectarinas es determinante para la correcta maduración de consumo posterior. Una fruta cosechada muy temprano o muy tarde podría presentar dificultad para lograr una correcta madurez de consumo.

Poscosecha: manejo de temperatura, humedad y gases

Los duraznos y nectarinas se caracterizan por ser altamente perecederos. Luego de la cosecha, si la fruta se mantiene a temperatura ambiente, la pulpa se ablanda llegando a la firmeza óptima para el consumo dentro de los siguientes cinco días. Para frenar este proceso natural, y, por ende, alcanzar los mercados lejanos, los duraznos y nectarinas se mantienen en almacenaje refrigerado con el fin de reducir la tasa de respiración y los procesos bioquímicos asociados con la maduración. Bajar la temperatura es la herramienta más efectiva para extender la vida de poscosecha, pero en ningún caso mejora la calidad de la fruta, su objetivo es mantenerla y asegurar una correcta maduración final. La mantención de la fruta en frío ralentiza su metabolismo al disminuir la tasa respiratoria y la emisión y sensibilidad al etileno. Su finalidad es que la maduración y ablandamiento de la pulpa ocurra cuando la fruta llegue al consumidor final.

Junto a este manejo, el control de la humedad relativa del ambiente que rodea a la fruta también es importante. Toda fruta cosechada comienza a perder agua constantemente hacia el ambiente, la que ya no puede ser repuesta por la planta. Mantener alta la humedad relativa del ambiente evita una deshidratación excesiva. Un tercer manejo de poscosecha bastante común consiste en controlar la atmósfera de gases que rodea a la fruta. Al aumentar la concentración de CO_2 y disminuir la de O_2 , se disminuye también la tasa de respiración y junto a la baja temperatura y alta humedad relativa, permite alargar el período de poscosecha de duraznos y nectarinas.

Daños por frío

La industria chilena requiere variedades productivas, con fruta que mantenga una alta calidad luego del almacenamiento refrigerado prolongado (30-45 días). Sin embargo, este manejo muchas

veces se traduce en la aparición de pardeamiento y harinosidad de la pulpa, acumulación de pigmento rojo (sangramiento o "bleeding") y pérdida de sabor. A este conjunto de síntomas se le ha denominado "daños por frío" y normalmente se inducen después de un prolongado tiempo de almacenaje a baja temperatura y se manifiestan en la posterior maduración de la fruta a temperatura ambiente. Si bien la susceptibilidad a la aparición de los daños por frío tiene un importante componente genético, es indudable también que el efecto ambiental es



importante, siendo la madurez de cosecha uno de los principales factores a considerar. Los desórdenes fisiológicos inducidos por el frío se producen principalmente por alteraciones en la composición de la pared celular debido a modificaciones en la función de las enzimas asociadas a la pectina. Por la naturaleza del daño por frío, el efecto se observa una vez que la fruta está en las góndolas de los supermercados o fruterías y en las casas de los consumidores. Esta situación ha generado un gran problema comercial que se ha traducido en la pérdida de confianza de los consumidores y en la menor demanda por duraznos y nectarinas provenientes de Chile o en la baja cotización de ellos en los mercados.

Por tal motivo, durante la primera etapa del

programa de mejoramiento genético se consideró como objetivo principal que las nuevas variedades soportaran, al menos, 35 días de conservación en frío, adaptándose al contexto comercial de Chile como país exportador. Para seleccionar según estos criterios se requerían metodologías que fueran objetivas, eficientes y reproducibles año a año. La mayoría de las metodologías utilizadas para evaluar por otros investigadores son de difícil reproducibilidad y costosas. Lo anterior impulsó a buscar nuevas alternativas de análisis que han sido validadas.

Determinación del momento óptimo de cosecha

Predecir la vida útil de los duraznos y nectarinas a lo largo de la cadena comercial es de suma importancia para planificar los manejos adecuados de almacenaje, transporte y comercialización. El primer punto para considerar es el estado de madurez al momento de la cosecha, ya que influye directamente sobre el potencial de conservación y calidad de la fruta. Específicamente, el estado fisiológico de la fruta a cosecha debe ser tal que garantice una firmeza de pulpa que permita el transporte y la correcta maduración posterior. Probablemente en muchos casos, sea necesario segregar la cosecha en grupos homogéneos de maduración, debido a que puede existir variabilidad, por ejemplo, según la posición que el fruto tenía en la copa del árbol.

Al madurar, los duraznos y nectarinas experimentan cambios evidentes en varios parámetros, como en la firmeza de la pulpa y el color de la piel. Por este motivo es que ambos son utilizados, por sí solos o en conjunto, como índices de madurez. Como se ha mencionado anteriormente, el factor más limitante en la vida de poscosecha de los frutos de carozo se relaciona con las propiedades mecánicas de la pulpa, en particular, con la velocidad de ablandamiento. Por lo anterior, la medición de la firmeza de la pulpa se ha utilizado ampliamente para determinar estados de madurez tanto en pre como en poscosecha de duraznos y nectarinas. Comúnmente se utiliza un presionómetro manual equipado con un émbolo de 8 mm de diámetro que se introduce a través de la pulpa previa remoción de la epidermis. Los resultados medidos en libras o Kg- fuerza se traducen como la resistencia de la pulpa a la penetración. A mayor valor medido, la pulpa es más firme.

A diferencia de la medición de la firmeza, el análisis del color de la piel es no destructivo y puede hacerse

mediante evaluación visual, comparándolo con una tabla de colores o instrumentalmente con un colorímetro. Se basa en el cambio del tono del color de fondo de la piel, el que varía de verde a amarillo con la maduración. Se ha demostrado que existe una alta correlación entre el color de fondo y el estado fisiológico de la fruta. Para determinar la madurez de cosecha, la evaluación visual es simple y de rápida aplicación en campo. Sin embargo, queda sujeta a la experiencia y subjetividad de quien evalúa y no es útil para monitorear durante la poscosecha. Además, la mayoría de las nuevas variedades presentan un porcentaje de color de cubrimiento cercano al 100%, haciendo imposible su medición. Las evaluaciones con colorímetro entregan coordenadas objetivas en la esfera cromática, pero requiere de una interpretación posterior. Por lo tanto, como no es una medición instantánea, es difícil aplicarla en los huertos como criterio de cosecha. El uso de tablas de colores, están en una situación intermedia entre la apreciación solo visual y el colorímetro.

Medición a través de la absorción de la clorofila de la piel

Las propiedades ópticas de la piel de los frutos han sido utilizadas ampliamente para determinar el estado de madurez y calidad con bastante éxito. Por ejemplo, la espectrometría de rojo cercano o NIR ha demostrado tener buenas correlaciones con la firmeza del fruto. Sin embargo, los equipos NIR no son portátiles y se requiere, en la mayoría de los casos, de personal calificado para su manejo y posterior desarrollo de algoritmos de calibración y validación del modelo predictivo. El índice I_{AD} es la diferencia entre las longitudes de onda de absorción de la clorofila A, la cual se va degradando a medida que madura la fruta. El equipo portátil DA meter (Sinteleia, Bologna, Italia) lo mide instantáneamente y ha demostrado ser adecuado en determinar la edad fisiológica de ciruelas, peras, duraznos y nectarinas, tanto en precosecha como en poscosecha. Para validar esta metodología y utilizarla en el desarrollo del programa, se establecieron diferentes ensayos. En primer lugar, había que demostrar la utilidad de este instrumento. En la publicación realizada por Shinya et al. (2013) se comprobó la utilidad de este índice, mostrando altas correlaciones con la firmeza de la pulpa y ángulo hue (h°) obtenido con el colorímetro. La primera parte del trabajo consistió en separar

visualmente cuatro categorías de madurez según el color de fondo de dos variedades de pulpa fundente y una de pulpa no fundente. Mientras la fruta avanzaba en la maduración, el I_{AD} predecía mejor la firmeza que el h° . Luego en poscosecha a 20°C y 80% H.R reiteró su alta correlación con las variables de textura.



DA-meter mide la absorción de la clorofila de la piel en dos longitudes de onda específicas.

También se estudió si existía variabilidad del I_{AD} según la posición del fruto en la copa, y se constató que en un mismo momento mientras más alto se ubica el fruto, más bajo es el I_{AD} , por lo tanto, la fruta estaría más avanzada en madurez que los frutos de la parte baja del árbol (Pinto et al., 2016). Pinto et al, (2015) también demostraron la utilidad del índice para determinar madurez durante la última fase de maduración de los duraznos y nectarinas en el árbol, demostrándose la utilidad de la medición para ensayos de precosecha y cosecha.

De este modo, la medición del I_{AD} fue muy importante en el desarrollo del programa ya que permitió homogeneizar el estado de madurez para proseguir en todos los estudios de pre y poscosecha. Aunque, en general, la forma en la que evoluciona el I_{AD} es varietal, permite rápidamente calcular una edad fisiológica del fruto y establecer rangos de madurez para distintos objetivos de estudio. Este es un factor fundamental ya que en los programas de mejoramiento genético se deben evaluar cientos de selecciones diferentes. Para que los datos obtenidos tengan valor, la madurez de cada selección debe ser a igual estado fisiológico, de lo contrario los datos no tendrían valor.

Medición de la harinosidad de la pulpa

La harinosidad de la pulpa es consecuencia de un desequilibrio enzimático entre la poligalacturonasa (PG) y la pectinesterasa (PE). Estas enzimas juegan un rol principal en la degradación de la pectina de la pared celular. A bajas temperaturas, la actividad de la PG se reduce, no así la de la PE, lo que provoca una anormal degradación de las sustancias pécticas dando origen a una textura tipo gel. La metodología más utilizada para medir la harinosidad consiste en la extrusión de un trozo de pulpa de peso conocido que luego se centrifuga. El líquido sobrenadante resultado de la centrifugación se pesa y se expresa como porcentaje de jugo. Sin embargo, esta técnica presenta una serie de desventajas cuando se realiza de forma sistemática: dificultad de la extrusión de la muestra, la probabilidad de una inadecuada separación del líquido de la fase sólida y demanda de tiempo.

El método de absorción del jugo de la pulpa en papel (PAM en inglés) (Infante et al., 2009) fue desarrollado como una alternativa rápida y sencilla de medir cuantitativamente la cantidad de jugo de la pulpa. Consiste en extraer un *pellet* de la pulpa de un fruto, envolverlo en papel absorbente y hacerlo pasar a través de los rodillos que presnan la muestra. A través del simple cálculo de diferencias de peso se obtiene el porcentaje de jugo de la muestra. Para validar

la metodología se trabajó con un panel de jueces entrenado para medir de jugosidad obteniéndose altas correlaciones con el PAM. Las ventajas de este método incluyen la rapidez y reproducibilidad de las mediciones, bajo costo y menor tiempo de implementación que la centrifugación.

Medición del pardeamiento de la pulpa

Uno de los obstáculos que surgieron durante el desarrollo del programa, fue la inexistencia de una metodología objetiva de medición del pardeamiento interno de la pulpa. La mayoría de los estudios incluían evaluaciones visuales según escalas arbitrarias, de difícil reproducción. En la investigación llevada a cabo por Cáceres et al. (2016), se realizaron evaluaciones de colorimetría a la pulpa de seis variedades de duraznos y tres de nectarinas que se sometieron a un prolongado almacenaje refrigerado para inducir el pardeamiento. Antes y después del almacenaje refrigerado se midieron los parámetros de color del sistema CIELAB utilizando un colorímetro. A partir de éstos se calculó la luminosidad (L^*). La diferencia entre la luminosidad al momento de la cosecha y después del almacenaje refrigerado se le llamó delta L o ΔL^* . Junto con esto se trabajó paralelamente con un panel de jueces que midió visualmente la intensidad del pardeamiento.

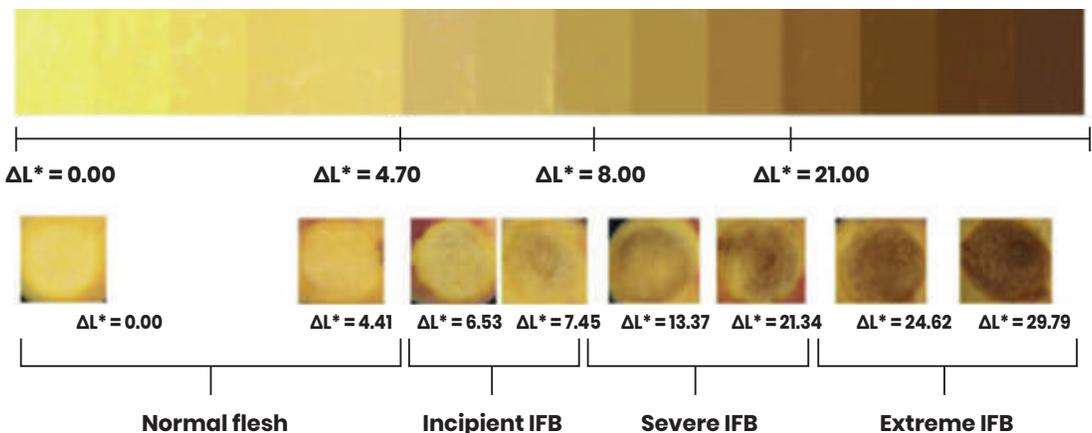


Figura 1. Manifestación visual de los niveles de pardeamiento interno en función de la variable ΔL^* . Imagen obtenida de Cáceres et al. (2016).

Esta variable ΔL^* resultó ser muy eficaz en predecir las respuestas de intensidad de pardeamiento medidas por el panel de jueces. Así, como se

muestra en la figura 1, las categorías sensoriales del pardeamiento (normal, incipiente, severo e intenso) pueden definirse por un rango determinado

de ΔL^* . Con el desarrollo de esta metodología la caracterización de este desorden se puede hacer de manera rápida y objetiva mediante el uso del colorímetro.

Textura de la pulpa

La textura en la fruta fresca es uno de los principales atributos que determinan las preferencias de los consumidores y tiene importancia tanto para fruticultores como para los agentes industriales, ya que ciertos componentes de la textura se utilizan habitualmente a lo largo de toda la cadena productiva. Un ejemplo de ello, es la firmeza como índice de cosecha, para monitorear la madurez durante la poscosecha y como parámetro de aceptabilidad y preferencia por parte de los consumidores. Es una propiedad sensorial percibida a través de la vista, la audición y el tacto, y probablemente sea el atributo sensorial más importante vinculado a la estructura del alimento.

Tradicionalmente la medición de la textura en alimentos, y en fruta fresca, se ha realizado a través del análisis instrumental y de la evaluación sensorial. Ambos enfoques, por sí solos, aportan valiosa información para el entendimiento del concepto. Los análisis sensoriales profundizan en las preferencias y aceptabilidad de los consumidores. Por otra parte, el desarrollo de nuevos métodos instrumentales ha permitido complementar y mejorar los análisis de la percepción humana, y, puntualmente en textura, se han logrado importantes avances en técnicas instrumentales. Los analizadores de textura o "texturómetros" permiten detectar y cuantificar parámetros físicos que luego pueden corroborarse con un panel sensorial calificado. A través de la combinación de ambas técnicas se aumenta la eficiencia y precisión de los análisis, ya que a menudo los métodos sensoriales son más complejos, subjetivos y costosos en su realización, pero dan información inmediata y relevante de las sensaciones humanas y, al contrario, las mediciones analíticas son más económicas y objetivas, pero no necesariamente válidas.



Texturómetro TA XT Plus

Los tipos de pulpa que existen en duraznos y nectarinas se clasifican tradicionalmente en fundente o *melting flesh* (MF) y no fundente o *non-melting flesh* (NMF). En los últimos años se han definido nuevos tipos de pulpa, como los duraznos *stony hard*, con una pulpa más crocante similar a la de una manzana, o los *slow melting flesh* (SMF) que se mantienen firmes por más tiempo que los MF. Sin embargo, la creciente demanda sumada a la disponibilidad de una amplia oferta de frutas en el mercado ha resultado en la generación de un gran número de nuevas variedades de duraznos y, por ende, una gran diversidad de texturas. Así, la clasificación genética clásica de la textura de duraznos y nectarinas es insuficiente para describirla y más aún, se ha señalado que uno de los objetivos principales del mejoramiento de la especie debiera ser la textura, más allá de obtener variedades que no desarrollen harinosidad.

Durante el desarrollo del programa de mejoramiento genético se analizaron y ajustaron nuevas metodologías que permitieron una correcta fenotipificación y caracterización de la textura, yendo más allá que la simple medición de la firmeza de la pulpa. Así, a través del análisis sensorial y la reología se logró caracterizar y diferenciar diferentes variedades y tipologías de pulpa.

Textura y estructura

La textura deriva de la estructura, y en las frutas carnosas, está determinada principalmente por la pared celular. El proceso de maduración produce cambios en la textura, que aun cuando son diferentes en las distintas especies, los más comunes son la disminución de la presión de turgor; la degradación y cambios en la composición de las membranas; la modificación en la relación simplasto/apoplasto; la degradación de almidón y la modificación en la estructura y la dinámica de la pared celular. De éstos, el principal factor que determina la textura es la modificación en la estructura y la dinámica de la pared celular especialmente en la fuerza o resistencia mecánica de la pared y la adhesión célula-célula. Por lo tanto, la forma en que las células se separan o se rompen y liberan su contenido es el factor más importante en la influencia de la percepción de la textura de frutas carnosas.

La pared celular es una matriz extracelular altamente compleja, ubicada por fuera de la membrana plasmática y compuesta principalmente por polisacáridos, proteínas y algunos compuestos

fenólicos. Los polisacáridos constituyen cerca del 90% de la pared celular. Son moléculas hidrofílicas hidratadas que forman una estructura coherente insoluble en agua. Pectina, hemicelulosa y celulosa son los principales azúcares de la pared. La pectina y la hemicelulosa son los componentes que forman la "matriz" en la cual se embebe el esqueleto de microfibrillas de celulosa. Entre las paredes de células adyacentes se ubica la lamela media la cual está compuesta por pectina. Estos polisacáridos le confieren al tejido dos propiedades que parecieran ser incompatibles: la plasticidad, que permite la expansión de las células durante el desarrollo final de la fruta y la rigidez, que le confiere fuerza, resistencia y determina la forma celular.

Durante el ablandamiento, ocurren una serie de cambios metabólicos de la pared: La disolución de la lamela media; la pérdida de azúcares neutros de las cadenas laterales de la pectina; la solubilización de la pared; la despolimerización de la pectina y la hemicelulosa y el reordenamiento de los componentes de la pared celular. Todos como resultado de la acción coordinada y sinérgica de diferentes enzimas y proteínas que promueven el crecimiento y extensión de los tejidos. El mecanismo enzimático está conformado por siete familias de enzimas (principalmente hidrolasas), las que ejercen su acción en los diferentes azúcares de la pared. Relacionadas a la degradación de la pectina se encuentran las poligalacturonasas (PG), pectinmetilesterasas (PME), ramnogalacturonasas,

glicosidasas y pectatoliasas. Mientras que las celulasas ejercen su acción sobre la celulosa, las xiloglucanasas lo hacen sobre la hemicelulosa.

Además de la acción enzimática, la degradación de la pared celular puede ocurrir por mecanismos no enzimáticos. Las expansinas son pequeñas proteínas que interrumpen los puentes de hidrógeno que unen las microfibrillas de celulosa con la hemicelulosa, por lo que su acción promovería el contacto entre las enzimas y los polímeros, y, por lo tanto, acelerarían la hidrólisis de la pared celular. El radical OH⁻ también participa, provocando escisiones en la pectina, hemicelulosa y celulosa.

Estudios de Reología

Los estímulos de la percepción de la textura son principalmente de naturaleza mecánica, determinadas por la organización estructural a nivel molecular, microscópico y macroscópico. Por lo tanto, para comprender las propiedades de textura es esencial entender la mecánica o reología del alimento. La reología es la ciencia que estudia la deformación y flujo de la materia, resultante de la aplicación de una fuerza, en función del tiempo. El comportamiento del material se expresa en términos de *stress/strain* y sus efectos en el tiempo. *Stress* se refiere a la intensidad de los componentes de una fuerza que actúan sobre un cuerpo y *strain* es la respuesta a la fuerza, como el cambio en el tamaño o forma del material.

Durante el desarrollo del programa de mejoramiento genético se pusieron a punto diferentes pruebas reológicas con el propósito de explorar la mayor cantidad de variables mecánicas que explicarían la textura de la pulpa de duraznos y nectarinas. El texturómetro TA XT Plus (Stable Micro System Ltd., Godalming, UK) se utilizó para realizar distintos tipos de pruebas: de penetración, de compresión uniaxial, de análisis de textura (TPA) y del perfil acústico mecánico de la pulpa. De estas pruebas se obtienen curvas de *stress/strain* como fuerza/deformación o fuerza/tiempo y se calculan numerosas variables del comportamiento físico de pre y posruptura del tejido, permitiendo la realización de análisis más exhaustivos que solo la fuerza a la ruptura que entrega el presionómetro manual. De la prueba de penetración se obtienen curvas como la siguiente (Figura 2):



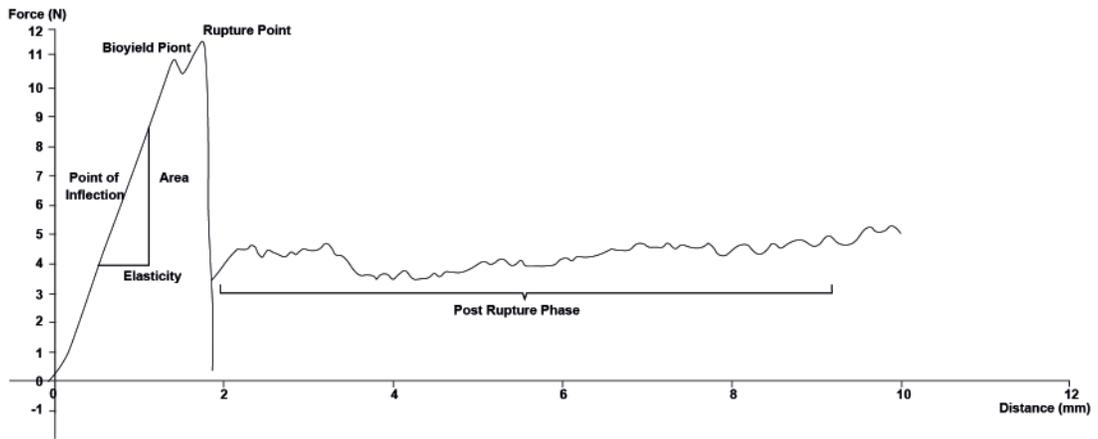


Figura 2. Curva de Fuerza/Deformación obtenida de una prueba de penetración en la pulpa de una nectarina variedad "Venus". Imagen obtenida de Contador et al.(2015).

En la primera etapa se determina la elasticidad o módulo de Young, equivalente a la rigidez de la muestra. Si en esta etapa se eliminara la fuerza ejercida sobre la fruta, las células recobrarían su forma original. Entre el punto de inflexión y el punto de ruptura ocurre la deformación plástica, con fallas visibles o invisibles. Algunas frutas presentan en esta fase el punto de bioyield que biológicamente indica el inicio de la ruptura de la estructura celular de la fruta, y físicamente se manifiesta cuando un aumento en la deformación produce nulo cambio o incluso disminución en la fuerza. Otras veces el bioyield puede coincidir con el punto de ruptura.

El punto de ruptura indica la fuerza máxima necesaria para romper el tejido y es lo que se usa tradicionalmente para medir firmeza, es decir, el pico de fuerza. A partir de este punto comienza la etapa de posruptura, fase en la cual se obtiene información acerca de cuán débil o duro es el comportamiento de fractura de la fruta y de la crujencia y crocancia de la pulpa, ya que los picos que pudieran producirse son microfenómenos de naturaleza quebradiza asociados al sonido.

Una prueba utilizada en frutas frescas es la compresión simple o compresión uniaxial, la cual se ha utilizado en frutas carnosas para comprender el fenómeno del ablandamiento durante la poscosecha. Generalmente se realiza de forma no destructiva, presionando con un émbolo la superficie del fruto. El ablandamiento, es un proceso continuo, en consecuencia, su análisis debe integrar

las mediciones a través del tiempo. Se analizaron los patrones de ablandamiento entre diferentes variedades de durazno y nectarinas en poscosecha (Contador et al., 2016a). Durante dos temporadas se cosecharon duraznos y nectarinas MF y NMF, homogeneizando su madurez mediante el índice I_{AD} . Se realizaron pruebas de compresión uniaxial y de penetración y de ellas se calcularon modelos para obtener funciones lineales de ablandamiento de cada variedad. Si bien ambas pruebas (penetración y compresión uniaxial) son capaces de diferenciar el ablandamiento entre variedades MF y NMF, los resultados sugieren que la prueba de penetración tiene mayor poder de segregación entre las variedades, ya que no solo diferencian los duraznos MF de los NMF, sino que detecta un grupo con ambos tipos de pulpa. Esta menor capacidad de segregación podría ser explicada por la naturaleza no destructiva del análisis de compresión uniaxial, ya que el émbolo comprime la pulpa solo 1 mm, a diferencia de los 10 mm que penetra la sonda en la prueba de penetración. Sin embargo, la principal ventaja que presenta la prueba de compresión uniaxial es que permitiría el uso de una misma fruta en repetidas evaluaciones durante el tiempo en poscosecha, disminuyendo la variabilidad de la prueba.

Considerando que la prueba de penetración caracterizó mejor el ablandamiento de las variedades, se generó un nuevo modelo focalizado. Se ha descrito que la curva de ablandamiento de los duraznos y nectarinas en poscosecha se ajusta a una función logística. En ésta, el comienzo y el final muestran un comportamiento asintótico, es decir, con nulo o mínimo ablandamiento, mientras que en los días intermedios se produce una rápida y lineal pérdida de la firmeza. Por tanto, los resultados de este trabajo

sugieren que para caracterizar el ablandamiento de las variedades solo haría falta medir la fuerza máxima mediante penetración el primer y tercer día después de la cosecha, ya que se considera el tramo más significativo de la curva logística del ablandamiento. Esta metodología permitiría reducir al mínimo el número de evaluaciones lo que se traduce en un proceso más eficiente de fenotipificación.

El Análisis del Perfil de Textura o TPA es una prueba

que se realiza extrayendo una muestra de la pulpa la cual se somete a una doble compresión consecutiva, imitando el movimiento mandibular. Una de las condiciones requeridas para ejecutar este análisis es que el diámetro del émbolo debe ser mayor al diámetro de la muestra, dado que la fuerza debe ejercerse sobre toda la muestra. La curva que se obtiene de este análisis se muestra en la Figura 3.

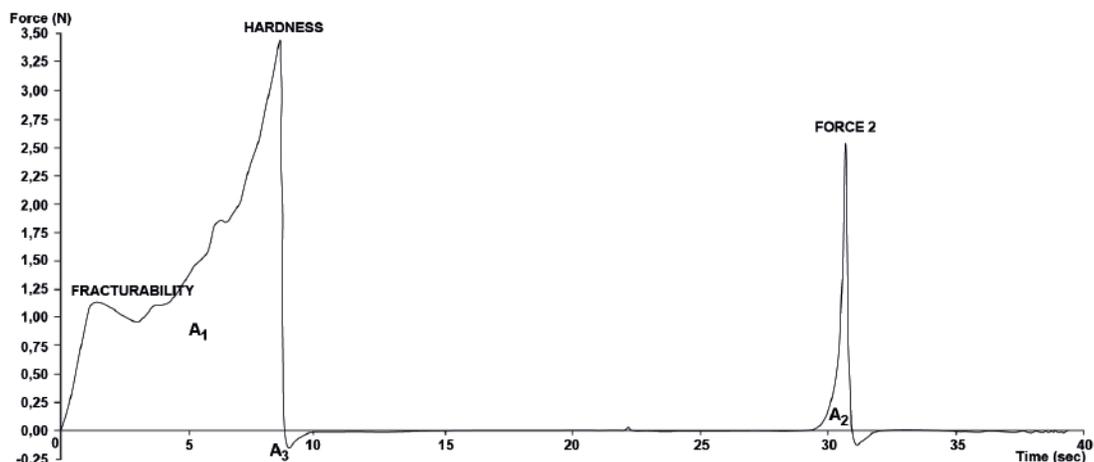


Figura 3. Curva obtenida de la doble compresión de una muestra de la variedad obtenida del PMG Andes Nec-dos. Imagen obtenida de Contador et al. (2014a).

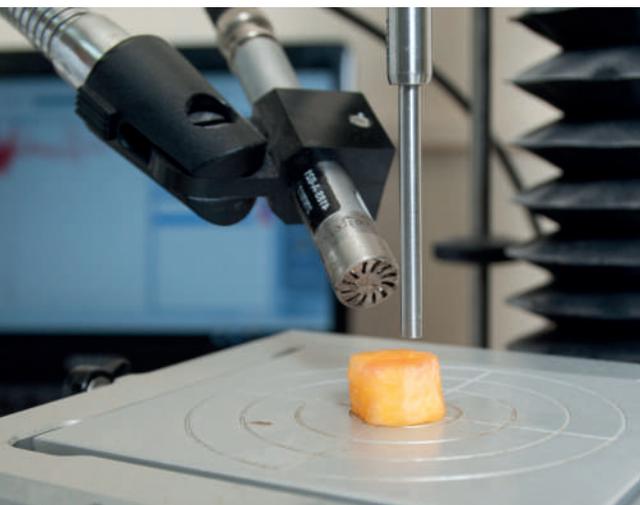
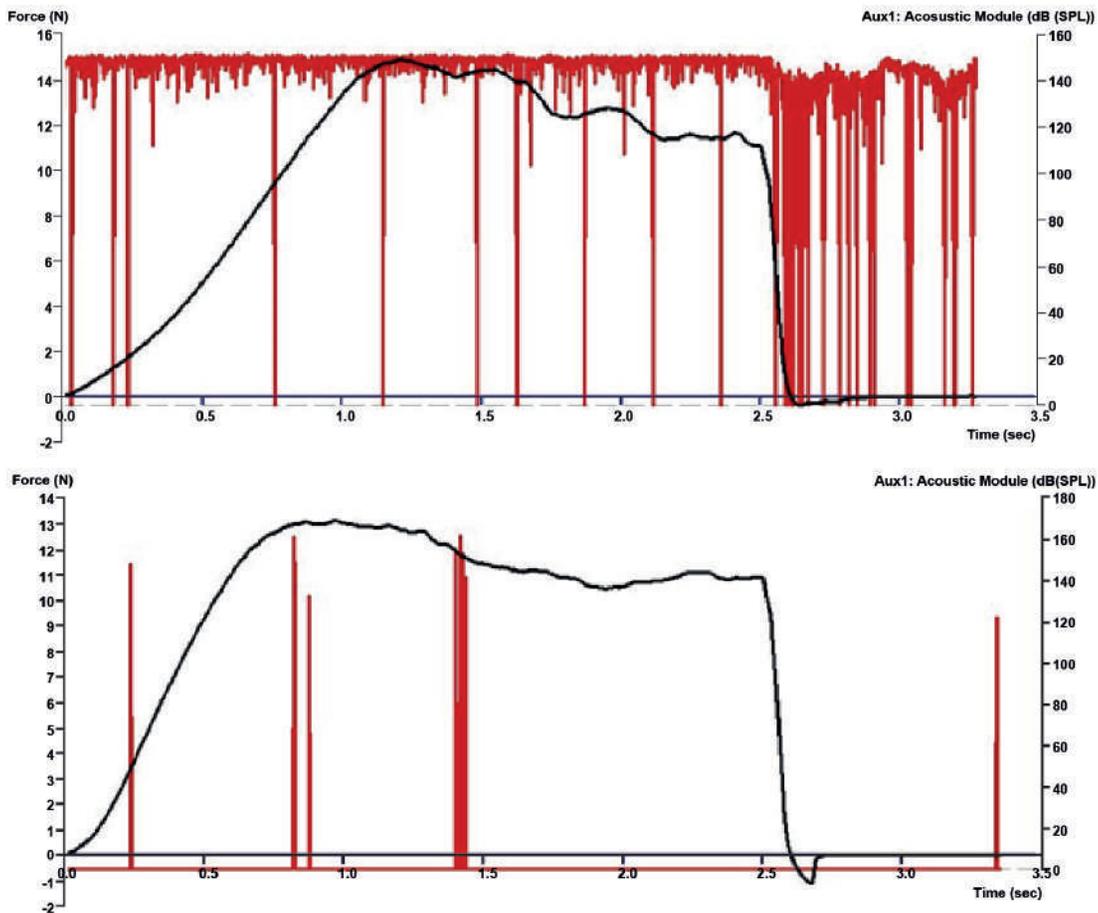
A partir de esta curva se calculan valores de dureza, fracturabilidad, elasticidad, cohesividad, adhesividad, gomosidad y masticabilidad, entre otros. Esta técnica ha demostrado tener una alta correlación con las evaluaciones sensoriales y se ha probado en diferentes tipos de alimentos para determinar su capacidad de predicción. En el estudio de Contador et al. (2014a) se demostró que la Fuerza máxima del segundo ciclo de compresión (Force 2) permitió estandarizar las muestras, disminuyendo la variabilidad dada por la firmeza de cosecha. Linealizando la variable *Hardness* se conformaron tres grupos, los duraznos NMF y dos grupos distintos de duraznos MF.

El Análisis del perfil acústico mecánico de la pulpa consiste en realizar una prueba de penetración a una muestra de la pulpa de dimensiones conocidas y grabar simultáneamente el sonido que se produce con un micrófono adaptado y calibrado en un



detector acústico especial para dicha función. Primero es necesario la extracción de una muestra de la pulpa y sobre ésta se realiza la penetración con una

sonda de 4 mm de diámetro. Se obtiene una curva de dos ejes, como se muestra en la Figura 4.



Análisis del perfil acústico mecánico con el Texturómetro TA XT Plus.

Figura 4. Curvas obtenidas del Análisis del perfil acústico mecánico para dos variedades de duraznos al día de cosecha. A) Variedad “Youmeyong” B) Variedad “Late Red Jim”. Curva negra corresponde al análisis de penetración y línea roja a los decibeles (dB) percibidos por el micrófono. Datos del autor.

La medición clásica de la firmeza en la zona ecuatorial del fruto, previa remoción de la epidermis, cuando se estudiaron estas dos variedades indicó que no había diferencias significativas entre ambas, alcanzando un valor de firmeza de 49 N para la variedad ‘Youmeyong’ y de 51 N para ‘Late Red Jim’. Sin embargo, como se aprecia en la figura 4, ‘Youmeyong’ presenta, durante toda la prueba de penetración, picos de sonidos que se mantienen cercanos a los 150 dB (línea de color rojo). Al contrario, ‘Late Red Jim’

produce poco sonido al ser penetrada ya que se observan solo unos pocos picos. Así se observa que dos frutos con firmeza similar son totalmente distintos en el sonido que producen, por ende, se puede inferir que sus texturas son distintas, siendo 'Youmeyong' más crujiente que 'Late Red Jim'. Esto coincide con lo descrito por la literatura que caracteriza a la variedad 'Youmeyong', de origen coreano, como una variedad del tipo *stony hard*, la cual no produce etileno y se mantiene firme y crocante, como la pulpa de una manzana.

Este análisis es especialmente útil cuando se puede correlacionar con evaluaciones sensoriales de panel o consumidores y durante el desarrollo del programa demostró ser útil para diferenciar texturas. Otros estudios han comprobado su eficacia en manzanas y alimentos esencialmente crujientes, que producen alto nivel de sonido cuando son mordidos. Analizar el comportamiento de posruptura del tejido fue un enfoque novedoso en la caracterización de la textura de duraznos y nectarinas. Las nuevas variables exploradas permitieron realizar análisis más profundos de la textura, resultando en una diferenciación más sensible entre las variedades.

Análisis Sensorial de la Textura y su relación con las variables reológicas

La textura se percibe sensorialmente y, por tanto, sólo un ser humano puede describirla. Si bien depende de la estructura y la reología entrega respuestas objetivas, es necesario darle la interpretación sensorial, más aún cuando el enfoque principal de las investigaciones realizadas en el marco del programa de mejoramiento genético era determinar la variación genética entre variedades o poblaciones.

A diferencia de otros atributos sensoriales como el sabor y el color, en la percepción de los atributos de textura participan el tacto, la vista y la audición conjuntamente. La mayoría de las sensaciones asociadas a la textura se producen cuando los alimentos se manipulan, deforman o mueven entre los receptores de la boca, donde se involucran también los músculos y tejidos conectivos de la cara.

No obstante, la apariencia visual proveería ciertos rasgos, por ejemplo, el color de la fruta podría indicar el estado de madurez y, por ende, su firmeza. Al presionar ligeramente una fruta con la mano, cortarla con un cuchillo o penetrarla con un tenedor, se podría inferir su firmeza, su crocancia o su fibrosidad. Por lo tanto, la percepción visual y táctil es independiente,

pero complementaria. Una interacción similar tiene la visión y la audición en la percepción de alimentos crujientes.

La metodología más utilizada para analizar la textura de los alimentos es el análisis descriptivo, el que está íntimamente relacionado con el análisis cuantitativo descriptivo (QDA). Esta técnica consta de tres pasos principales: el desarrollo del léxico; el entrenamiento de los panelistas para estandarizar los conceptos; y la cuantificación de cada atributo del producto basado en una escala de intensidad. El objetivo es que el análisis que se realizará con un panel de jueces mida lo más objetivamente posible las características deseadas.

En el marco del proyecto, se conformó un panel entrenado de jueces para medir características de textura de duraznos y nectarinas (Contador et al., 2014b). En la etapa cualitativa del entrenamiento se realizaron sesiones de conversación y análisis para definir cuáles eran aquellos descriptores que mejor caracterizan la textura de la pulpa de este tipo de fruta. Como resultado consensuado, se consideraron cinco descriptores que se definieron y asociaron a una técnica específica de medición: "crujencia", "dureza", "crocancia", "jugosidad" y "fundencia". Los descriptores "crujencia" y "crocancia" son términos asociados al sonido que produce el alimento en la boca, y aunque no hay un consenso sobre el significado de estos términos, ambos se refieren a las propiedades de fractura del alimento. En general se acepta que "crujencia" se define en la primera mordida, mientras que el término en inglés *crunchiness* se produce por una sucesión de eventos de fractura, que ocurren durante la masticación.

Una vez definido y homogeneizado el criterio de medición se prosiguió con la etapa cuantitativa del entrenamiento, en la cual, mediante la creación de escalas de referencia, se enseña a cuantificar la intensidad de cada atributo. A pesar de que existe información acerca de diversas escalas de referencia para la textura de alimentos, cada uno tiene características específicas que lo definen. Es decir, no es lo mismo medir textura en carne que en quesos, y por eso es crucial definir escalas de referencia que sean acordes al alimento objeto de estudio. Dicho lo anterior, se crearon escalas de referencia para cada uno de los cinco descriptores de textura, todas compuestas de frutas y verduras. Por ejemplo, para la escala de "crocancia" se utilizó la siguiente pauta (de menor a mayor intensidad del atributo):

plátano maduro, manzana roja 'Royal Gala', rabanito, manzana verde 'Granny Smith', zanahoria cruda. Las mediciones reológicas de las muestras de las escalas son sumamente útiles durante el entrenamiento. No solo porque permiten seleccionar las muestras disminuyendo la variabilidad inherente de las frutas y verduras, sino también para comprobar que la escala está bien construida. En la figura 5 se muestran curvas de fuerza/tiempo de distintas frutas y verduras.

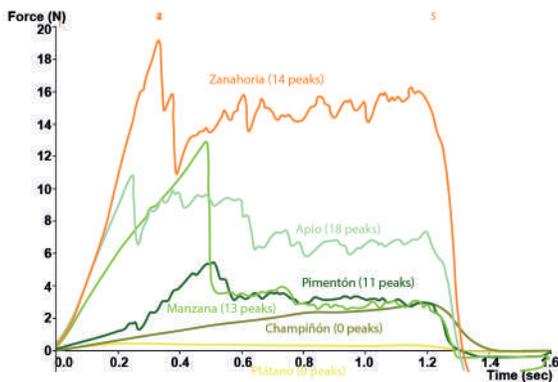


Figura 5. Curvas de Fuerza vs tiempo de 6 tipos de frutas y verduras obtenidas de una prueba de penetración con un émbolo de 2 mm. Datos del autor.

En este caso, durante un proceso de reentrenamiento se trabajaba en ajustar o calibrar la percepción de la “crocancia” de los jueces. En la figura 5 se detallan la cantidad de picos o microfracturas asociadas a sonido de cada muestra. Tanto el plátano maduro como el champiñón no presentan ningún pico, coincidiendo con lo percibido por los jueces: sin “crocancia” (Figura 6). El apio y la zanahoria se perciben iguales a la máxima intensidad de “crocancia”, siendo ambas verduras evidentemente crocantes. La diferencia en el número de picos entre ambas no pareciera ser significativa en la percepción. La zanahoria tiene menos picos, sin embargo, requiere de mayor fuerza para romperse y eso podría estar influenciando la percepción del sonido.

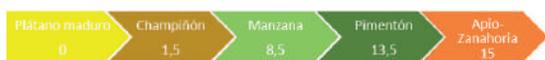


Figura 6. Escala de intensidad de la “crocancia” percibida por el panel sensorial.

Una vez que se corrobora que todos los integrantes del panel están entrenados y cuantifican las intensidades de los descriptores correctamente, se realizan las mediciones propiamente tal. En el caso de tratarse de un QDA se ocupa una pauta no estructurada que va de 0 a 15 en la intensidad. Las evaluaciones se realizan en cabinas individuales, en condiciones controladas de luz y temperatura. Poniendo en práctica todo lo anteriormente detallado, se logró identificar tres grupos de duraznos y nectarinas de un total de 11 variedades del tipo MF y NMF (Contador et al., 2014 b). Un grupo estaba compuesto solo por variedades NMF, otro por MF, pero nuevamente al igual que en el ensayo reológico del Análisis del Perfil de Textura, se detectó un grupo con otras características de textura compuesto tanto por variedades MF y NMF. Dichas categorías biológicas no son capaces de abordar el amplio espectro de texturas de los duraznos y nectarinas.

Si bien el análisis sensorial es indispensable para caracterizar la textura, los análisis reológicos son sumamente útiles para detectar propiedades de la estructura asociados a la textura. Por lo tanto, el enfoque del estudio de la textura debe basarse en que todo lo que se percibe por los sentidos depende de la estructura del material, que se explica físicamente por la reología y que deriva del metabolismo de la maduración.

Respondiendo a la necesidad de explorar en mayor profundidad las diferentes texturas de algunas nuevas variedades de nectarinas del programa de mejoramiento genético, se realizó un trabajo cuyo objetivo fue relacionar las propiedades sensoriales de la textura con las propiedades reológicas, enlazando así dos enfoques de estudio igualmente valiosos y complementarios. Se evaluaron dos variedades de duraznos de NMF ‘Andross’ y ‘Carson’ y cuatro variedades de nectarinas MF ‘Andes nec-1’, ‘Andes nec-2’, ‘Andes nec-3’ y ‘Venus’. Con el panel sensorial se cuantificaron las intensidades de descriptores “dureza”, “crujencia”, “crocancia”, “fundencia” y “jugosidad” y con el texturómetro se realizaron ensayos de penetración (con émbolo de 2 y 8 mm de diámetro), análisis del perfil de textura (TPA) y análisis del perfil acústico mecánico durante el período de poscosecha de la fruta (Contador et al., 2016 b; Figura 7). De todas estas pruebas, se escogieron aquellas variables que aportaban mayor variabilidad al modelo. También se midió la jugosidad con el método PAM.

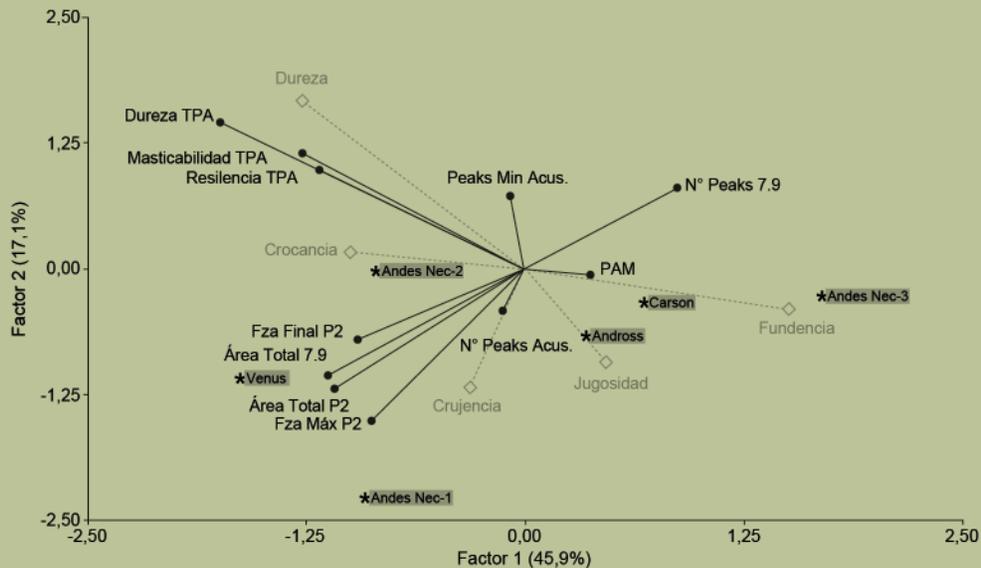


Figura 7. Espacio significativo explicado por la Regresión de mínimos cuadrados Parciales (RPLS). En (●) las variables reológicas, (◊) variables sensoriales y (★) variedades. Imagen obtenida de Contador et. al (2016b).

Para establecer las principales relaciones entre las variables sensoriales y reológicas el RPLS arrojó que los descriptores “dureza” y “fundencia” son las más importantes para definir la textura de las muestras (Figura 7). El TPA tiene la ventaja de ser un test imitativo de la masticación humana, por ende, sería el más adecuado si se quiere relacionar con las evaluaciones sensoriales. La variable “Dureza TPA”, que corresponde al mayor pico de fuerza de la primera compresión (Figura 3, *Hardness*) alcanzó las relaciones más importantes con las variables sensoriales: relación directa con “dureza” e inversa con “fundencia”. Destaca también la relación directa entre la crujencia y el número de picos acústicos detectados del análisis del perfil acústico mecánico. Tanto la prueba TPA y el análisis del perfil acústico mecánico son metodologías que no habían sido utilizadas en duraznos y nectarinas y, dado los resultados obtenidos durante las investigaciones realizadas durante el desarrollo del programa, son interesantes de aplicar para una correcta fenotipificación de la textura. Se demuestra la insuficiencia de solo calcular el valor de la firmeza con la clásica penetración del émbolo de 8 mm, ya que corresponde solo a un punto de la curva de *stress/*

strain y existen muchas otras variables de posruptura que entregan mayor y diferente información acerca de la textura. Sin embargo, utilizando un texturómetro, la prueba de penetración con el émbolo de 8 mm se disminuye la variabilidad de la prueba comparado con el presionómetro manual, tanto por el ángulo de penetración como por la fuerza aplicada. Si la medición se hace correctamente, permite establecer modelos que explican el ablandamiento de las variedades.

Conclusiones

El análisis sensorial es otra herramienta valiosa e indispensable para caracterizar a los duraznos y nectarinas, ya que, entre otras cosas, permite traducir información del comportamiento mecánico de la pulpa. Tanto los análisis reológicos como los sensoriales detectan mayor variabilidad en la textura de los duraznos y nectarinas que la clasificación genética de la pulpa MF/NMF, por lo que su aplicación es muy útil cuando se están caracterizando y diferenciando nuevas variedades. Realizarlos en conjunto aumenta la comprensión y caracterización de la textura.



Literatura citada

Cáceres, D., Díaz, M., Shinya, P., Infante, R. 2016. Assessment of peach internal flesh browning through colorimetric measures. *Postharvest Biology and Technology* 111, 48-52.

Contador, L., Shinya, P., Díaz, M., Hernández, E., R. Infante. 2014a. Evaluation of textural properties of peaches and nectarines through texture profile analysis. *Acta Horticulturae* 1079, 633-636.

Contador, L., Shinya, P., Bunger, A., Sáenz, C., Infante, R., 2014b. Training a sensory panel for describing texture in peach and nectarine. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 12 (3&4), 65-70.

Contador, L., Shinya, P. and Infante, R. 2015. Texture phenotyping in fresh fleshy fruits. *Scientia Horticulturae* 193, 40-46.

Contador, L., Díaz, M., Hernández, E., Shinya, P. and Infante, R. 2016a. A proposal for determining the flesh softening of peach in postharvest through simplified targeted modeling. *Scientia Horticulturae* 209, 47-52.

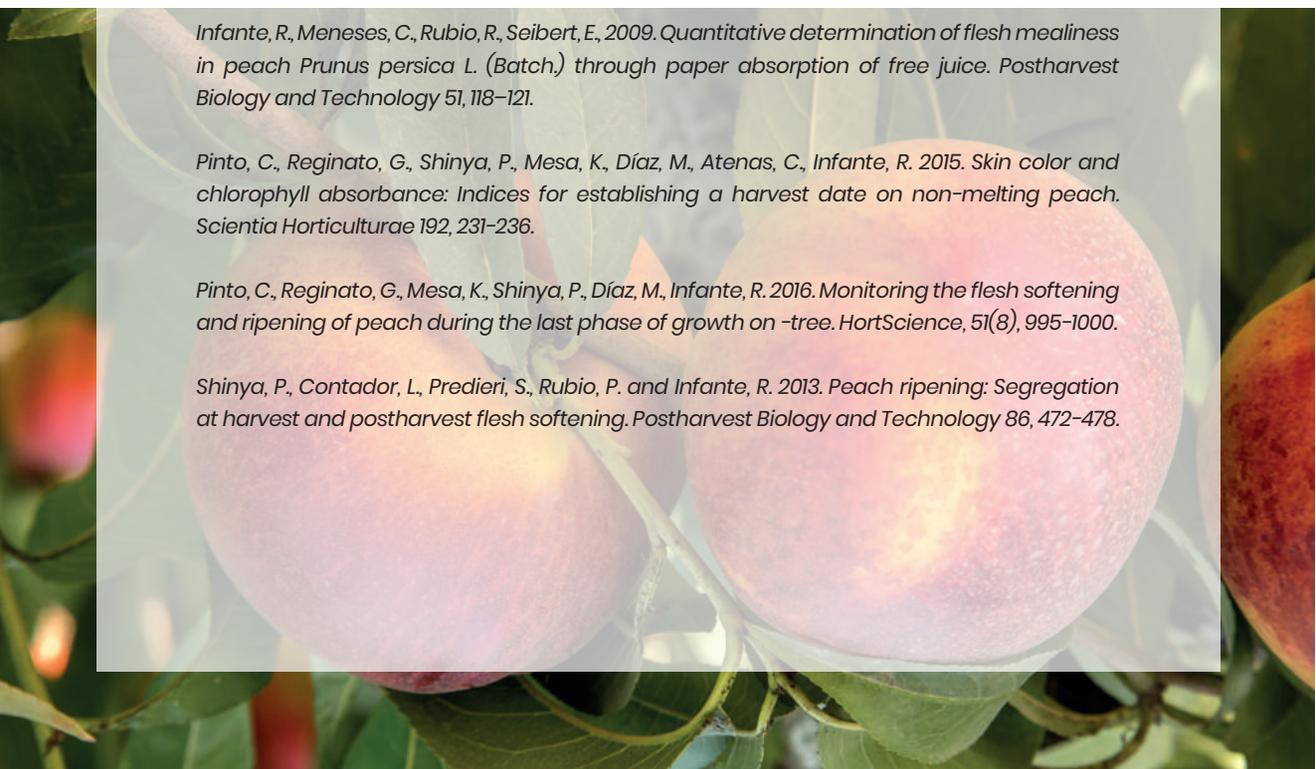
Contador, L., Díaz, M., Hernández, E., Shinya, P. and Infante, R. 2016b. The Relationship between Instrumental Tests and Sensory Determinations of Peach and Nectarine Texture. *European Journal of Horticultural Science* 81(4), 189-196.

Infante, R., Meneses, C., Rubio, R., Seibert, E., 2009. Quantitative determination of flesh mealiness in peach *Prunus persica* L. (Batch.) through paper absorption of free juice. *Postharvest Biology and Technology* 51, 118-121.

Pinto, C., Reginato, G., Shinya, P., Mesa, K., Díaz, M., Atenas, C., Infante, R. 2015. Skin color and chlorophyll absorbance: Indices for establishing a harvest date on non-melting peach. *Scientia Horticulturae* 192, 231-236.

Pinto, C., Reginato, G., Mesa, K., Shinya, P., Díaz, M., Infante, R. 2016. Monitoring the flesh softening and ripening of peach during the last phase of growth on -tree. *HortScience*, 51(8), 995-1000.

Shinya, P., Contador, L., Predieri, S., Rubio, P. and Infante, R. 2013. Peach ripening: Segregation at harvest and postharvest flesh softening. *Postharvest Biology and Technology* 86, 472-478.



Calidad Sensorial de Duraznos y Nectarinas en el Mejoramiento Genético

Loreto Contador

Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de Chile

Gemma Echeverría

Fruitcentre, Instituto de
Investigación y Tecnología
Agroalimentarias (IRTA), Lleida

Introducción

La calidad puede adquirir muchas definiciones dependiendo de los distintos actores involucrados en la cadena de producción de fruta, pero puede dividirse principalmente en calidad orientada al producto y calidad orientada al consumidor. La calidad orientada al producto se basa en el análisis objetivo de ciertos parámetros de interés como el tamaño, el color y el aroma del producto, entre otros. Una de sus limitaciones ocurre porque algunos parámetros son más difíciles de cuantificar que otros, por ejemplo, el tamaño versus la textura. La otra limitación es



dar la interpretación adecuada a los valores de dichos parámetros ¿Un alto contenido de sólidos solubles es indicador de un buen sabor? ¿Cierta firmeza de la pulpa de un fruto es equivalente a una buena textura? El objetivo último de la producción, manipulación y distribución de frutas y verduras frescas es satisfacer al consumidor. Por lo tanto, es de suma importancia entender y cuantificar la percepción humana de las características de los alimentos. Generalmente se acepta que la satisfacción del consumidor está relacionada con la calidad del producto.

En la medición de la calidad orientada al consumidor es donde se torna de suma utilidad el análisis sensorial. Esta calidad es un concepto complejo e imposible de definir por un parámetro absoluto, ya que está relacionada a las propiedades intrínsecas del producto que satisfacen al consumidor. El análisis sensorial es una disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones de aquellas características de los alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído. No es sustituible por métodos instrumentales, ya que en última instancia son las personas las que deben valorar la calidad de un alimento, expresar la compleja apreciación sensorial y valorar su grado de satisfacción al ser degustado. Las pruebas que se realizan son diferentes si se trabaja con un panel entrenado de evaluadores o con consumidores. Con un panel se pueden hacer test de diferencias, valoración de calidad y análisis descriptivo, entre otros, mientras que con consumidores generalmente se hacen pruebas de aceptabilidad y preferencia. Sin embargo, durante la última década se han desarrollado nuevos métodos de análisis con consumidores que permiten obtener importante información más allá de la dimensión hedónica. Ambos, paneles de jueces entrenados y consumidores, entregan respuestas complementarias e irremplazables para una correcta caracterización de calidad de un alimento.

Chile es uno de los principales países exportadores de frutas de carozo. Abastece, en contra estación, a los mercados del hemisferio norte, pero dado que estos frutos son altamente perecederos es que deben almacenarse a baja temperatura para llegar al destino final. Sin embargo, esta práctica induce una serie de problemas de calidad en la fruta, conocidos como “daños por frío”, siendo la harinosidad y el pardeamiento de la pulpa los más comunes en duraznos y nectarinas. Estos desórdenes se inducen

por las bajas temperaturas, pero se manifiestan una vez que la fruta está a temperatura ambiente, es decir, en el punto de venta y al momento de consumo. La mayoría de las variedades exportadas por Chile no tienen una vida de poscosecha suficientemente prolongada, por lo que el consumo de duraznos y nectarinas chilenas ha disminuido sustancialmente en el último tiempo. Por lo anterior, el programa de mejoramiento genético chileno se enfocó en la obtención de nuevas variedades de duraznos y nectarinas de larga vida de poscosecha y de alta calidad sensorial, para dar respuesta a los requerimientos específicos de la producción chilena. Una de las áreas de gran importancia dentro del programa fue el análisis sensorial de la fruta. Durante el desarrollo del programa siempre se validaron las nuevas variedades con análisis sensorial, tanto en Chile como en el extranjero, de manera tal de obtener información real del comportamiento de las variedades en los mercados de destino y así hacer cambios o definir estrategias para proveer productos de calidad al mercado.

Análisis con panel entrenado

La calidad sensorial de un fruto se corresponde con aquella percibida por los sentidos (gusto, olfato, vista, tacto y oído) en el momento de su consumo y se expresa en diferentes atributos sensoriales. Dichos atributos pueden agruparse en tres categorías principales: apariencia, sabor y textura. El aspecto exterior es el primer criterio de calidad, sin embargo, no es suficiente para garantizar la satisfacción del consumidor y su consumo. Generalmente la calificación obtenida de un panel sensorial de jueces puede correlacionarse con las medidas físico-químicas de la fruta y las respuestas de los consumidores. El sabor, la textura y la apariencia se consideran, en general, los atributos sensoriales más importantes. El sabor engloba componentes relacionados con el aroma y el gusto. En el caso del durazno y de la nectarina, el sabor incluye los compuestos volátiles aromáticos característicos de estas especies y los gustos dulce y ácido que vienen dados principalmente por los contenidos de azúcares y ácidos orgánicos. El gusto está relacionado con los compuestos solubles en agua. El dulzor es atribuible a los monosacáridos y disacáridos presentes. La acidez está vinculada a ácidos orgánicos y al pH. Según lo visto en profundidad en el capítulo anterior, la textura depende de la estructura de la fruta, principalmente

de las propiedades mecánicas de la pared celular.

Los paneles entrenados tienen como base a los degustadores, denominados jueces o evaluadores, que hacen uso de sus sentidos como herramienta de análisis. Los jueces se seleccionan y entrenan con el fin de lograr la máxima veracidad, sensibilidad y reproducibilidad en los juicios que emitan, puesto que de ello depende, en gran medida, el éxito y confiabilidad de los resultados. Los principales análisis que se realizan con paneles entrenados son análisis discriminativos y descriptivos, y nos sirven para valorar la calidad. Este último es el más complejo en términos de entrenamiento, pero de éste se obtiene un perfil sensorial completo de la fruta, permitiendo, entre otras cosas, la comparación entre variedades, controlar la vida útil o comercial y predecir en algún grado la aceptación por parte del consumidor. Para la formación de un panel de evaluación sensorial, cualquiera sea su análisis objetivo, se deben considerar las siguientes etapas: reclutamiento, selección y entrenamiento de jueces, además de un proceso de validación, que permita asegurar la confiabilidad del panel de evaluación sensorial. La etapa de reclutamiento consiste en hacer una invitación a las personas que deben presentar interés y motivación para participar, buena salud y actitud hacia el alimento de estudio, aptitud para comunicar y describir sensaciones percibidas y disponibilidad de tiempo para el entrenamiento. En la selección se realizan diversas pruebas normadas como el test de gustos básicos, umbral de reconocimiento, test triangular, etc. Las pruebas en su conjunto permiten detectar incapacidades, agudeza sensorial y potencial de los participantes para seguir con el entrenamiento y convertirse en jueces. A los candidatos que llegan a la etapa de entrenamiento se les proporcionará los principios elementales de las técnicas de análisis sensorial y se les capacitará para desarrollar su aptitud para detectar, reconocer y describir los estímulos sensoriales que sean necesarios según el alimento que se analizará. Para validar al panel sensorial es necesario controlar periódicamente la eficacia y comportamiento de los jueces para corroborar si los resultados son apropiados y reproducibles. Finalmente, el panel sensorial se convierte en un instrumento objetivo de medición.

El proceso de entrenamiento de un panel para análisis descriptivo tiene como objetivo que los jueces aprendan a cuantificar intensidades de los atributos

elegidos para un alimento en cuestión. Comprende una etapa cualitativa y otra cuantitativa. En la etapa cualitativa se describen los atributos sensoriales y se llega a consenso entre los jueces acerca de su definición y forma de evaluarlo. Se realizan reuniones tipo *focus group*, en las cuales se prueban diferentes muestras y el líder del panel fomenta la discusión y el posterior consenso entre los evaluadores (Figura 1).



Figura 1. Sesión de entrenamiento de etapa cualitativa de un panel sensorial para frutos de carozo. Laboratorio de Mejoramiento Genético y Calidad de la Fruta, Universidad de Chile.

Es en este momento cuando se busca hacer consciente la utilización de los diferentes sentidos que perciben los atributos de calidad. Por ejemplo, para la evaluación de la apariencia externa de las frutas se debe considerar la intensidad del color y brillo del mismo, el tamaño, la forma. Todo percibido por la vista, que es el sentido humano más evolucionado. Mediante el olfato se percibe el olor y el aroma: el primero corresponde a la percepción de las sustancias volátiles por medio de la nariz, mientras que el aroma

es la detección que se origina cuando el producto se introduce y se mastica en boca (vía retronasal), siendo la membrana mucosa del paladar la encargada de transmitir dichas sustancias. Los gustos (dulce, ácido, amargo, salado y umami) son percibidos por las papilas gustativas que se encuentran en la lengua. El sabor dulce se percibe mayormente en la punta de la lengua, mientras que el salado y ácido se percibe en los bordes anteriores y posteriores respectivamente. El gusto amargo se detecta principalmente en la parte posterior o base de la lengua. El sabor es una sensación compleja que no se percibe por un órgano en concreto y corresponde al conjunto de propiedades olfativas y gustativas percibidas durante la degustación. La textura también es una sensación compleja, multiparamétrica y dependiente del tipo de alimento a evaluar. En alimentos líquidos se evalúa, por ejemplo, la viscosidad, mientras que en los sólidos hay numerosos parámetros como firmeza, jugosidad, crocancia, harinosidad, etc. La mayoría se perciben mediante el tacto, tanto en boca como en manos, pero también se puede percibir por la vista y la audición.

De todo el conjunto posible de atributos para evaluar la calidad de duraznos y nectarinas se acepta habitualmente que la apariencia o aspecto (intensidad de color y brillo), el olor, el aroma, la firmeza, la crocancia, la fundencia, la jugosidad y el sabor son necesarios para una descripción sensorial completa. La harinosidad de la pulpa también es muy relevante, aunque en este caso se considera un aspecto o atributo negativo que los frutos no deben mostrar en su perfil. En referencia al gusto, predominan los atributos de dulzor y acidez, mientras que raramente se describe el amargor o la astringencia, salvo en algún caso de frutos muy inmaduros.

Una vez que los atributos se seleccionaron y hay consenso entre los jueces en cuanto a su definición y forma de medición, se procede a la segunda etapa del entrenamiento que consiste en la etapa cuantitativa. En esta etapa, el líder del panel debe enseñar a cuantificar la intensidad de los atributos previamente seleccionados. Para esto se ocupan estándares de referencia reproducibles que deben ser acordes al alimento en estudio. Sin embargo, para muchos de los atributos descritos en fruta fresca, no existen materiales de referencia certificados que permitan la verificación de la exactitud de los catadores ni la eficacia de su entrenamiento, por lo que se aconseja el uso de muestras repetidas en

las sesiones de entrenamiento que permitan una monitorización de la eficacia del panel a lo largo del tiempo. Muy a menudo, cuando se entrena para degustar algún material vegetal, se crean escalas de referencia con el mismo grupo de jueces de manera de tener referencias que abarquen la menor y mayor intensidad del atributo que pueda presentar en el alimento objetivo. Estas escalas deberán incluir definiciones claras y concisas de los términos y del material que se utilizará (tipo y tamaño de la muestra, temperatura, etc.).

El entrenamiento continuado es fundamental para evitar la tendencia natural del juez a desviarse o a situar sus valoraciones en un rango de intensidades "de confort", donde sabe que tiene más probabilidades de no cometer errores. Además, existen diversos factores que pueden generar predisposición durante las evaluaciones sensoriales. Estos factores provocan desviaciones o "ruido" y se deben evitar o reducir. La actitud del juez a la hora de realizar la prueba es uno de ellos. Previamente a la formación o entrenamiento del panel se deben seleccionar aquellos jueces con buena aptitud sensorial, pero también que muestren una personalidad "agradable", "abierto a nuevas experiencias" y "estabilidad emocional". El error de expectativa, que es la existencia de ideas preconcebidas durante la evaluación, se minimiza evitando la comunicación entre los evaluadores y la codificación de las muestras. También es importante que el orden en que las muestras se evalúen sea aleatorizado, y que el número de muestras presentadas en cualquier evaluación no sea muy elevado para reducir sesgo o error que podría darse por fatiga sensorial y/o adaptación. La fatiga sensorial puede ser mayor, y por tanto la recuperación más lenta, si el panelista evalúa gustos muy amargos, agrios o fuertes y sabores fuertes, así como también si realiza la descripción sensorial de un gran número de muestras. Las evaluaciones deben realizarse en laboratorios *ad-hoc*. Un laboratorio de análisis sensorial debe contar con dos áreas principales: Área de preparación y área de prueba, separadas la una de la otra. Los panelistas no deben entrar al área de preparación para evitar influencias en la evaluación. El área de prueba generalmente corresponde a un sector preparado con cabinas individuales comunicadas por una ventanilla con el área de preparación. A través de ésta el líder está al tanto de la evaluación y entrega o retira las muestras. El laboratorio debe contar con condiciones

estandarizadas de luz y temperatura (Figura 2). La pauta de evaluación para este tipo de análisis corresponde a una escala no estructurada que va del 0 al 10 o 15, siendo el 0 el valor mínimo y 10 o 15 la intensidad máxima del atributo específico



Figura 2. Degustación de durazno realizada en cabinas individuales IRTA, Lleida.

La validación de un panel consiste en controlar periódicamente la eficacia y comportamiento de los jueces, para comprobar si se pueden obtener resultados apropiados y reproducibles. Finalmente, un panel sensorial entrenado para análisis descriptivo comprende entre 8 a 15 jueces que trabajan analíticamente para la obtención de perfiles sensoriales.

A pesar de la complejidad que presenta conformar un panel sensorial, la información que se obtiene a partir de su implementación es irremplazable, puesto que la integración de los sentidos en la percepción

de un atributo aún no se puede emular con equipos. Aunque existen instrumentos y análisis que entregan información exacta acerca de ciertas características físicas y químicas de la fruta relacionadas al sabor, aroma y textura, solos las personas pueden definir y cuantificar atributos de calidad. Uno de los propósitos establecidos tempranamente en el programa fue contar con un panel sensorial entrenado para la obtención de perfiles sensoriales precisos y objetivos. En un comienzo, las primeras evaluaciones apuntaron a la caracterización de variedades ya existentes (Figura 3).

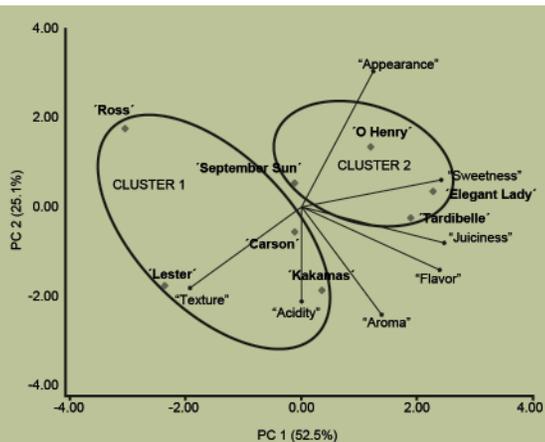


Figura 3. Gráfico Biplot de un análisis de componentes principales de la evaluación sensorial con panel entrenado de ocho variedades de durazno y nectarina. Figura obtenida de Contador et. al.(2011).

En la figura 3 se aprecia cómo el perfil sensorial de cada variedad permite marcar diferencias entre ellas. Un grupo, las de pulpa fundente, se caracterizaron por ser dulces, jugosas y sabrosas, mientras que en un segundo grupo de pulpa no fundente, alcanzó los mayores valores de "textura" y acidez.

A medida que se obtuvieron las primeras líneas genéticas del programa, la tarea de los paneles sensoriales adquirió mayor importancia y ayudó en la determinación de selección de posibles nuevas variedades. Los perfiles sensoriales contribuyeron en trazar las directrices que guiarían al programa. Un ejemplo de esto es la temprana evaluación de líneas genéticas sometidas a condiciones reales de comercialización. En la figura 4, se observan los perfiles sensoriales de un durazno y una nectarina seleccionados del programa, enviados a España y evaluados por el panel sensorial del IRTA.

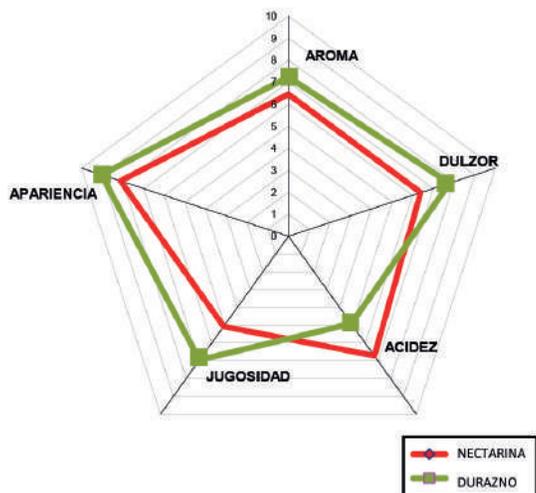


Figura 4. Perfil sensorial de un durazno y una nectarina obtenida del programa evaluado por panel sensorial del IRTA, España. Datos del autor.

Las frutas frescas, incluyendo a los duraznos y nectarinas, son productos vivos, una vez cosechadas continúan ocurriendo en ellas una serie de procesos fisiológicos (respiración, hidrólisis de polisacáridos a azúcares simples, degradación de las paredes celulares, cambios en los pigmentos de la piel, etc.) que dan lugar a modificaciones en sus características físicas y químicas y, en consecuencia, en su calidad sensorial. Así como el proceso de maduración y senescencia es dinámico, también lo será el perfil sensorial. Estas modificaciones además estarán influenciadas por todos aquellos tratamientos, técnicas o factores a los que se someterá el fruto a lo largo de la cadena productiva y comercial. En consecuencia, se debe intentar preservar, al máximo, la calidad del fruto y minimizar el posible deterioro con el paso del tiempo. El estado de madurez es uno de los factores determinantes de la calidad sensorial posterior.

En la figura 5 se observa cómo varía el perfil sensorial de un durazno variedad 'Sweet Regal' evaluada al momento de la cosecha y luego de dos días a temperatura ambiente.

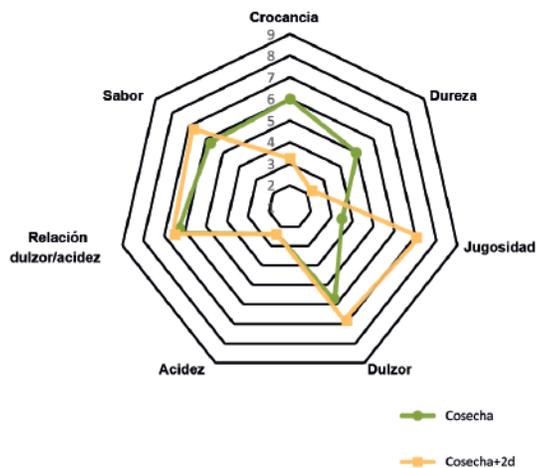


Figura 5. Perfil sensorial de la variedad 'Sweet Regal' en dos momentos: cosecha y 2 días después de la cosecha.

La firmeza de pulpa y el contenido de ácidos en un durazno o nectarina van disminuyendo en el transcurso del tiempo mientras que el contenido de azúcares y la producción de volátiles aromáticos se ven favorecidos. El sabor es uno de los atributos sensoriales más decisivos en duraznos y nectarinas y su percepción está correlacionada con la relación concentración de sólidos solubles/acidez titulable (CSS/AT) y producción de compuestos volátiles y, por lo tanto, varía a lo largo de la maduración. Por ello, es fundamental controlar la evolución de estos parámetros para que el máximo potencial organoléptico se alcance al momento que el consumidor prueba la fruta. El cerebro humano integra toda la información percibida durante la degustación, y decide si continúa o no comiendo la fruta y, por consiguiente, marca su posterior comportamiento de compra. El potencial organoléptico está determinado genéticamente por lo que varía según la variedad. No hay un umbral único fiable que garantice la satisfacción del consumidor de todas las variedades. Así variedades más dulces presentarán un perfil sensorial distinto de aquellas clasificadas como ácidas o equilibradas. En la figura 6 se observa la variabilidad en los perfiles sensoriales de nueve variedades de duraznos y nectarinas.



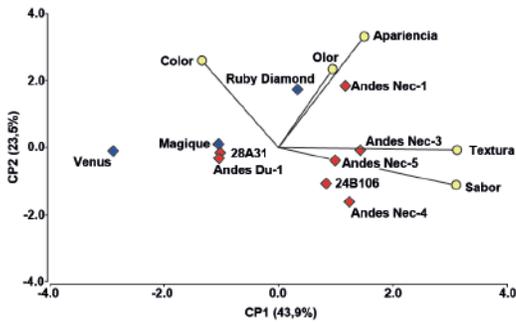


Figura 6. Gráfico biplot de un análisis de componentes principales de los perfiles sensoriales de 9 variedades de duraznos y nectarinas. Rombos azules corresponden a variedades extranjeras y rombos rojos a variedades y líneas genéticas del programa.

En este ensayo, la fruta fue exportada de Chile y el período de almacenaje refrigerado medio fue de 33 días. El panel sensorial del IRTA de Lleida evaluó todas las variedades al momento de consumo. El componente principal uno (CPI) está definido mayormente por los atributos textura y sabor, por lo que las principales diferencias entre las variedades se dan por estos dos atributos. En este sentido, todas las variedades de nectarinas del programa, las 'Andes Nec', presentaron las mejores calificaciones para sabor y textura, distanciada sobre todo de la variedad 'Venus'.

Análisis de calidad con Consumidores

Uno de los principales desafíos de la industria frutícola chilena es la necesidad de orientarse al mercado. Para esto, necesariamente se debe comprender la conducta de los consumidores para poder cumplir con sus expectativas. Sin embargo, éstas son diversas y no siempre fáciles de interpretar. Aunque en general se define que una fruta de buena calidad tiene buen aspecto, firmeza, buen sabor y valor nutritivo, desde el punto de vista de los consumidores es bastante más compleja: se puede relacionar con el cumplimiento de la expectativa hedónica, valor nutricional o facilidad de adquirir la fruta sin importar el lugar o estación del año en que se esté, entre otras.

Poder entender o predecir cuáles son los gustos y preferencias de determinados consumidores permite planificar y orientar los programas de mejoramiento genético hacia la satisfacción de éstos a través de

nuevas variedades de alta calidad. Los análisis con consumidores permiten explorar las características extrínsecas e intrínsecas del producto. Las primeras corresponden a todo aquello adyacente a éste como marca, imagen, situación de consumo y precio, pero desde el punto de vista de la calidad de la fruta el enfoque de los análisis en consumidores se basa en estudios de la percepción de las características intrínsecas de la fruta, vale decir, apariencia, olor/ aroma, sabor, textura.

Cuando los consumidores prueban una fruta nueva, ya sea porque fue comprada o entregada en el punto de venta, parecen desarrollar una evaluación detallada de las propiedades organolépticas del producto. Una de las principales aplicaciones de los estudios realizados a consumidores es la determinación del grado de aceptabilidad del producto, utilizando una escala hedónica de 9 puntos (Figura 7). Esta escala de Likert asume que la fuerza e intensidad de la experiencia es lineal y que se pueden medir. Las respuestas se ofrecen en diferentes niveles de medición permitiendo escalas de 5, 7 y 9 niveles configurados previamente, sin embargo, para estudios en alimentos lo más utilizado es la escala de 9 puntos. Siempre se debe considerar un elemento neutral para aquellas personas que no están en acuerdo o desacuerdo. A pesar de que se han descrito algunas desventajas en relación con su uso como la tendencia a concentrar las respuestas en la zona neutral y levemente positiva, su aplicación tiene muchas ventajas entre las cuales destaca la fácil aplicación y diseño y que es simple de contestar. Generalmente este análisis con consumidores se complementa con el perfil sensorial del producto que se obtiene de un panel entrenado de jueces.



Figura 7. Escala hedónica de 9 puntos utilizada por los consumidores para evaluar apariencia y percepción global de las variedades de duraznos y nectarinas.

Durante el desarrollo del programa siempre fue de interés tanto conocer la opinión de los consumidores hacia las nuevas variedades como también determinar si lo que el panel de jueces determinaba en los perfiles sensoriales tenía coherencia con las respuestas de los consumidores finales. Se realizaron simultáneamente pruebas de degustación con panel entrenado en Chile y con consumidores españoles en el Parque Científico y Tecnológico Agro-alimentario de Lleida, en Cataluña (Figura 8). Se evaluaron tres variedades de nectarinas: 'Venus', 'Andes Nec-4' y 'Andes Nec-5', siendo las últimas dos variedades de nectarinas obtenidas por el programa. Toda la fruta pasó un período de almacenaje refrigerado que varió entre los 30 y 33 días a 0°C y 90% H.R. más un período de maduración de 3 días a 20°C. La prueba de consumidor consistió en una encuesta que evaluó dos aspectos: la apariencia global de la fruta que involucra lo percibido visualmente, y la percepción global que involucra todas las características organolépticas de la fruta, incluyendo sabor y textura. Para cada aspecto el participante debía elegir dentro de una escala hedónica de 9 puntos (Figura 7). El análisis con panel sensorial consistió en medir la calidad de 5 atributos (apariciencia, color, aroma, sabor y textura) utilizando la metodología de Karlsruhe que se basa en una escala de 9 puntos y tres subdivisiones que definen el grado de calidad: grado 1 características típicas y deseables; grado 2 deterioro tolerable y grado 3 deterioro intolerable.

Según lo que se aprecia en la figura 9, las tres variedades presentan en general, una buena

aceptación en cuanto a las características visuales. El porcentaje de consumidores que evaluó con nota igual o superior a 7 a "Venus" fue de un 76%; para "Andes Nec-4" fue de un 68% y para "Andes Nec-5" fue de un 67%. Estos resultados concuerdan con lo obtenido por el panel de jueces chilenos, donde las tres nectarinas se destacaron por su buena apariencia (Figura 10). Sin embargo, esta tendencia cambia radicalmente cuando la fruta es degustada por los consumidores (Figura 11). Aquí "Venus" alcanza un 66% de desaprobación (nota igual o inferior a 4), mientras que las nectarinas del programa obtienen un 70% de valoración sobre nota 7 (me gusta mucho) para "Andes Nec-4" y un 75% para "Andes Nec-5". Estos resultados se respaldan con lo obtenido por el panel de jueces (Figura 10). En este caso, gracias al uso de ambos instrumentos sensoriales, se puede deducir que la alta desaprobación de "Venus" tiene que ver con la harinosidad de la pulpa y los sabores "atípicos" percibidos por el panel. Mientras que las variedades chilenas destacan por su sabor y textura excelente, aun pasando por un prolongado período de almacenaje refrigerado. En términos comerciales, se ha descrito que la primera compra se basa en la apariencia y aspectos comerciales como la marca y el posicionamiento, pero la compra será repetida en el tiempo sólo si el juicio, después del consumo, es positivo. Ahí es donde el sabor y la textura juegan un papel determinante en el éxito de una variedad. Variedades desarrolladas en el extranjero, con otros fines, suelen no adaptarse a las condiciones locales de producción y comercialización, transformándose



Figura 8. Prueba con consumidores de nectarinas realizado en Parque Científico y Tecnológico Agro-alimentario de Lleida, Cataluña.

en un problema para el posicionamiento de la fruta chilena en el extranjero. La evaluación sensorial puede usarse por investigadores e industria para evaluar el potencial comercial de una nueva variedad. El panel entrenado entrega respuestas objetivas en relación con ciertos atributos las que permiten explicar las respuestas hedónicas de los consumidores.

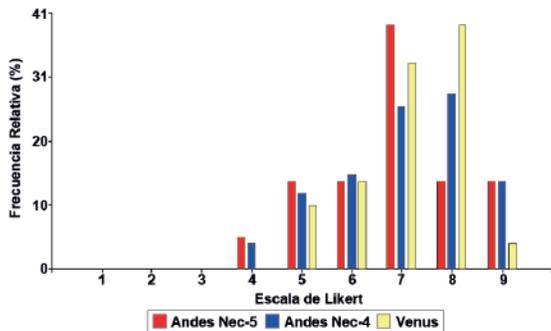


Figura 9. Evaluación de la apariencia global de tres variedades de nectarinas realizada por los consumidores españoles utilizando una escala hedónica de 9 puntos

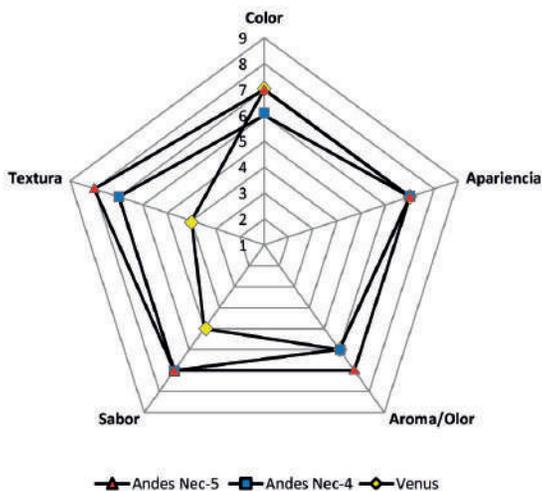


Figura 10. Gráfico radial de los puntajes obtenidos para cada atributo evaluado por el panel sensorial chileno.

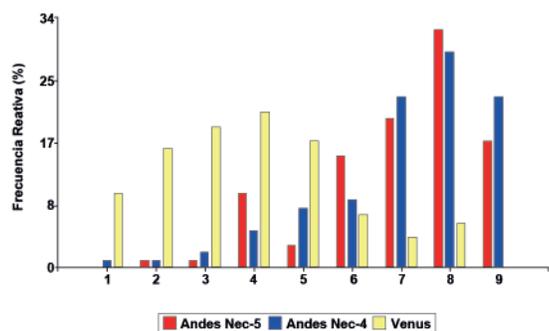


Figura 11. Evaluación de la percepción global de tres variedades de nectarinas realizada por los consumidores españoles utilizando una escala hedónica de 9 puntos.

Tradicionalmente, la ciencia sensorial se ha dividido en dos grandes áreas según su quehacer: pruebas analíticas y pruebas hedónicas. Las pruebas analíticas se consideraban tradicionalmente estructuradas y objetivas y se realizaban exclusivamente con paneles sensoriales capacitados para la caracterización de un producto desde el punto de vista sensorial. Por otra parte, las pruebas hedónicas se realizan con consumidores que solo pueden medir el grado de aceptabilidad y preferencia. Por muchos años se consideró que los consumidores eran incapaces de caracterizar sensorialmente a un producto. Esta distinción entre las capacidades de paneles y consumidores definió uno de los dogmas centrales de este campo de investigación. Y, aunque la percepción hedónica continúa siendo el principal foco de la investigación del consumidor de alimentos, durante los últimos años se han desarrollado nuevas técnicas de investigación con consumidores que han demostrado tener la capacidad de proporcionar una evaluación precisa y confiable de las características sensoriales de un producto. Además, se ha demostrado que, cuando se utilizan las metodologías adecuadas, los resultados de la caracterización sensorial son similares a los proporcionados por un panel de expertos. Más aún, las metodologías basadas en el consumidor ofrecen la posibilidad de obtener comentarios del consumidor, lo que puede contribuir al desarrollo de productos más exitosos y campañas de marketing más efectivas.

La técnica del "Check All That Apply" (CATA) o marcar todo lo que corresponda, se ha convertido en uno de los métodos más populares para la

caracterización sensorial entre los consumidores principalmente por su simplicidad y versatilidad. Consiste en una lista consensuada de atributos sensoriales o de otra índole que resulten interesantes de valorar en un producto en particular. Esta lista se presenta a los consumidores junto con las muestras que se deben evaluar. De esta forma el consumidor elige libremente todos aquellos descriptores que le parezcan idóneos para describir el producto. Este tipo de tarea es fácil e intuitiva, y las personas requieren menos esfuerzo cognitivo que otras metodologías basadas en atributos. La lista de términos debe ser fácil de entender y, de preferencia, estar relacionada con el vocabulario que usualmente se utiliza para describir al producto en estudio. Aunque las listas se pueden basar en estudios anteriores y atributos descritos por paneles sensoriales, siempre se debe realizar un trabajo previo para garantizar la comprensión de los términos seleccionados. Se recomienda que la lista incluya entre 10 a 30 términos en total. Para obtener diferencias significativas entre muestras, se analiza cada descriptor utilizando la prueba de Q de Cochran, o bien la prueba del signo, mientras que, para obtener una representación gráfica bidimensional, se utilizan pruebas de estadística multivariada como análisis de correspondencia o análisis de componentes principales, obteniendo una especie de mapa sensorial de las muestras donde se ven similitudes y diferencias además de las principales características sensoriales.

Esta técnica es rápida y menos costosa que el tradicional análisis descriptivo cuantitativo con panel entrenado y numerosas investigaciones han demostrado su utilidad en productos hortofrutícolas. Además, presenta la ventaja de poder incluir otros ítems como comportamiento de compra y consumo. El número de consumidores necesarios para que la prueba CATA sea fiable se ha establecido en 50, sin embargo, depende del grado de similitud entre las muestras, aumentando el número de consumidores si las muestras son muy parecidas.

Para profundizar cuáles eran las características sensoriales que destacaban los consumidores de las variedades obtenidas del programa de mejoramiento genético y compararlas con las ya existentes en el mercado, se realizaron diversos ensayos que utilizaron la técnica CATA. Esto permitió, además, poner a punto una prueba que antes no se había utilizado en duraznos y nectarinas. Uno de ellos consistió en realizar un CATA en Chile en tres

variedades de duraznos y nectarinas de diferente tipología de pulpa: 'Rizzi' de pulpa no fundente (NMF), 'Yumyeong' de pulpa tipo "Stony Hard" (SH) y 'Andes Nec-2' de pulpa fundente (MF). Toda la fruta fue cosechada y llevada a una cámara de maduración por 3 días a 20°C y fue presentada en cuartos recién trozados para los consumidores. La encuesta CATA incluyó variables de apariencia, aroma, sabor y textura y fue respondida por 100 consumidores. Al finalizar la prueba también se preguntó la aceptabilidad de las muestras utilizando la escala hedónica de 9 puntos antes descrita (Figura 7).

Mediante un análisis de componentes principales se puede apreciar en un espacio bidimensional las principales características y diferencias entre las variedades (Figura 12).

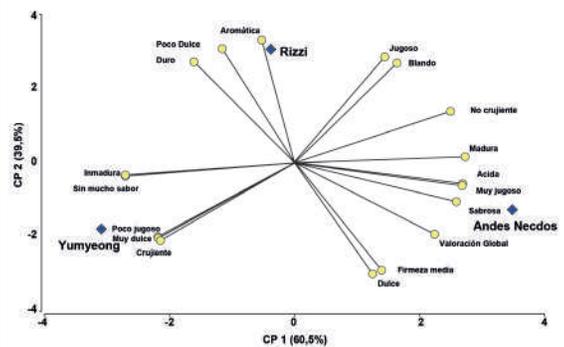


Figura 12. Gráfico biplot del análisis de componentes principales para las variables CATA evaluadas en 3 variedades: 'Andes Nec-2', 'Rizzi' y 'Yumyeong'.

Conociendo que las tipologías de pulpa son genéticamente diferentes, se pudo validar la capacidad del CATA en la diferenciación y caracterización de las variedades. Se observa que las variedades se ubican en diferentes cuadrantes del biplot, por lo que sus características sensoriales difieren ampliamente ya que no hay cercanía entre ellas. La mayor diferencia se daría entre las nectarinas 'Andes Nec-2' y los duraznos 'Yumyeong', las que se presentan en planos opuestos en función del componente principal 1 (CPI). La variedad Andes Nec-2 se caracterizó por ser sabrosa, dulce y ácida y muy jugosa, mientras que el durazno 'Yumyeong' se describió como crujiente, poco jugosa y muy dulce. En este sentido, pareciera que el descriptor "sabroso" está asociado más bien al equilibrio entre sabor dulce y ácido. El rasgo de pulpa SH se debe a una mutación asociada a la capacidad de producir etileno. Los

duraznos de esta tipología se caracterizan por ser crujientes y no ablandar en poscosecha, tal como los consumidores describieron a 'Yumyeong'. Probablemente, esta sensación de textura, semejante a una manzana, derivó en que los consumidores la percibieran como inmadura. Por otra parte 'Rizzi', un durazno destinado a la industria, por su tipo de pulpa, resultó ser duro, poco dulce y aromático. Finalmente, considerando todas estas diferencias, fue la nectarina 'Andes Nec-2' la que obtuvo la mayor valoración por parte de los consumidores y, por tanto, son las características de esta nectarina las que prefieren los consumidores de este ensayo. Esta información de cuál y porqué prefieren una variedad sobre otra es la que necesita para entender el comportamiento de los consumidores. Por supuesto, estos resultados varían según etnia, ubicación geográfica, edad, momento de consumo, etc. y para un programa de mejora genética se debe considerar cuáles serán los consumidores finales de la fruta y aplicar las pruebas sensoriales de consumidores en ellos.

Dado que la mayor parte de la producción de fruta

de duraznos y nectarinas abastece en contra estación al hemisferio norte se realizó otro ensayo CATA en Italia (Predieri et al., 2021) bajo condiciones reales de exportación. Se incluyeron las nectarinas 'Magique', 'Ruby Diamond' y 'Venus' y las del programa '24B106', 'Andes Nec-1', 'Andes Nec-3', 'Andes Nec-4' y '6B168' que corresponde a 'Andes Nec-5'. En la lista se incluyeron términos de atributos visuales y de consumo, como se aprecia en la figura 13.

Según la ubicación de las variedades en el gráfico, 'Magique', 'Ruby Diamond' y 'Venus' se describieron ácidas, astringentes y harinosas. Al contrario, la nectarina '6B168' ('Andes Nec-5') presentó, en general, un buen sabor asociado a notas florales y duraznos además de dulce, jugosa y fundente. Las demás nectarinas del programa se describieron como crujientes y firmes, pero en términos generales, todas las variedades del programa son potencialmente competitivas en el mercado italiano cuando se presentan en contra estación (Predieri et al., 2021).

Conclusiones

La evaluación sensorial es irremplazable y debe

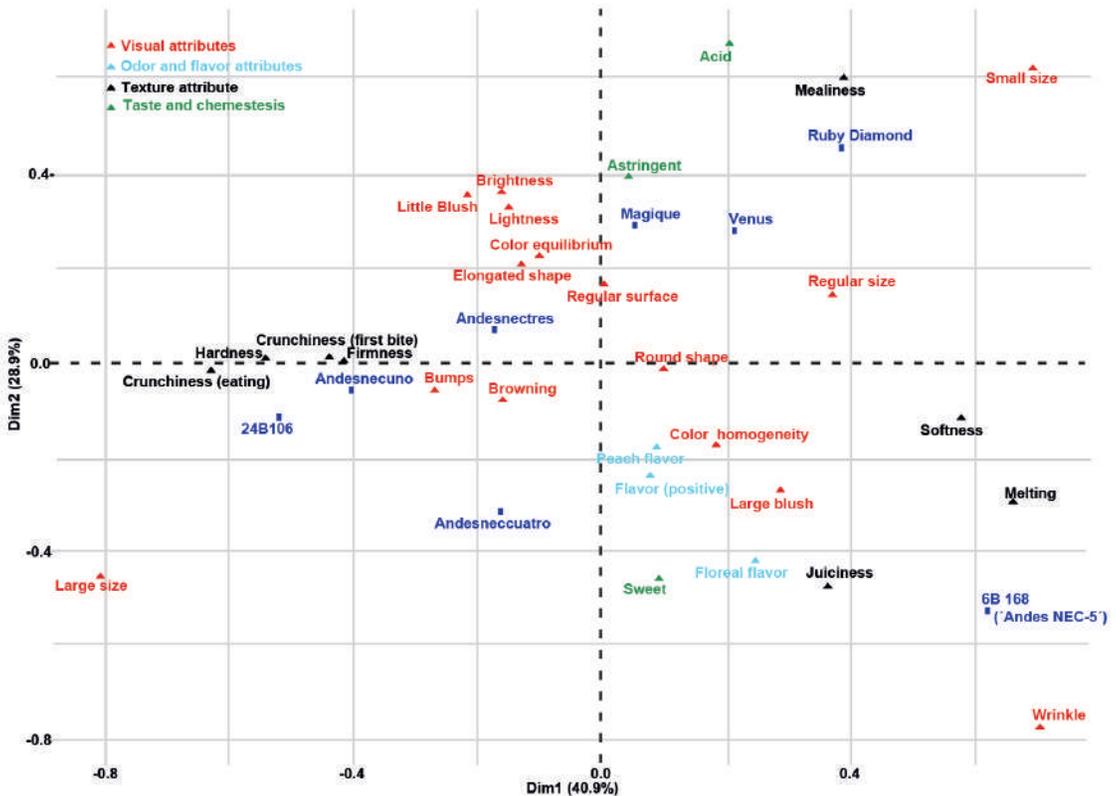


Figura 13. Gráfico biplot de un análisis de correspondencia para los atributos CATA de 8 variedades de nectarinas. Obtenido de Predieri et. al. (2021).

considerarse una herramienta fundamental en todo programa de mejoramiento genético que quiera producir variedades de fruta de alta calidad. Tanto el análisis con consumidores como el panel entrenado permiten una mejor comprensión de la influencia de los atributos sensoriales en la aceptación y preferencias del consumidor, así mismo, el conocimiento de los atributos sensoriales y, por lo tanto, orientar el desarrollo de las variedades a un tipo determinado de consumidor. Muchas veces se habla de la calidad de productos hortofrutícolas sin considerar siquiera algún tipo de evaluación sensorial. Esto es un error, puesto que, para el caso de las frutas, los estudios actuales de poscosecha se centran en la calidad sensorial del producto. Además, se pueden enlazar a estudios de marketing y son la base para abordar la introducción de una nueva variedad en el mercado.



Literatura citada

Contador, L., Rubio, P., Shinya, P., Meneses, C., Pena-Neira, A., Infante, R. 2011. Phenolics contents and sensory characterization of melting and non-melting peach. Journal of Horticultural Science & Biotechnology 86, 255-260.

Predieri, S., Gatti, E., Cianciabella, M., Daniele, G.M., Magli, M., Kusch, C., Contador, L., Infante, R. 2021. Exploring through CATA (Check-All-That-Apply) method the Italian consumers' perception towards off-season nectarine imported from Chile. European Journal of Horticultural Science, 86(2), 169-178.





Herramientas Genómicas: Apoyo al Programa de Mejoramiento Genético de Duraznero y Nectarino

Victoria Lillo

Claudio Meneses

Centro de Biotecnología Vegetal
Universidad Andrés Bello

Antecedentes Generales

Desde hace más de tres décadas, Chile es uno de los principales exportadores de fruta fresca de especies de clima templado del hemisferio sur, destacando en la actualidad en uva de mesa, cereza, ciruela y nectarina. Esta posición de liderazgo ha sido alcanzada y consolidada gracias a un esfuerzo privado, complementado con la formación de capital humano avanzado e investigación aplicada, llevada adelante por universidades y centros de investigación, la cual ha tenido como principal foco, la adaptación de tecnologías foráneas a nuestras condiciones de producción y comercialización.

En la década del noventa, a pesar del éxito de la industria frutícola de exportación sustentada por sus niveles de competitividad producto de múltiples factores (diversidad de climas, suelo, barreras fitosanitarias naturales, ecosistema empresarial privado, entre otras), comenzó a ser cada vez más

evidente y significativa una debilidad que tenía relación con cambios relevantes en las normas de propiedad intelectual y licenciamiento de las obtenciones vegetales. Chile dependía de variedades desarrolladas por otros países como Estados Unidos, Italia, Francia, Nueva Zelanda, entre otros, que comenzaron a restringir el acceso a través de la formación de clubes e incluso limitando la posibilidad de producción de países competidores como Chile. Por otra parte, estas variedades habían sido seleccionadas en climas-suelos distintos a los de la zona central de Chile o condiciones de comercialización diferentes y, por ejemplo, su desempeño en poscosecha no era suficiente para las exigencias y desafíos de la industria chilena de exportación de fruta fresca.

Por esta razón, para mantener la competitividad de la industria fue necesario implementar y llevar adelante programas de mejoramiento genético que permitieran reducir los niveles de dependencia tecnológica y desarrollar nuevas variedades adaptadas a las condiciones agronómicas y comerciales de la industria frutícola chilena. Aunque las primeras iniciativas de mejoramiento genético frutal en Chile partieron en el INIA en la década del 80, casi 20 años después, comenzó el primer programa de mejoramiento genético de nectarinas. Este programa liderado por la Universidad de Chile y financiado principalmente por CORFO ha continuado activo y con gran éxito hasta la fecha, el cual está terminando un ciclo con la publicación del presente libro.

Biotechnología y mejoramiento genético

A pesar de la visión de las universidades y centros de investigación sobre la urgencia de contar con programas de mejoramiento y su rápida implementación a través de la articulación de agentes públicos y privados, el desarrollo de nuevas variedades es un proceso lento y costoso. La selección de parentales superiores, la realización de cruzamientos, la generación y establecimiento de individuos en terreno y su posterior evaluación agronómica y selección en múltiples etapas, es un proceso que requiere, en el mejor de los casos, entre 10 a 12 años para obtener una nueva variedad. De esta manera, pareció necesario apoyar los programas con iniciativas de distinta magnitud que tuviesen por objetivo el desarrollo de herramientas biotecnológicas que mejorarán la eficiencia (en

término de tiempo y/o costos) y el desarrollo de nuevas variedades.

En 2002, el Dr. Ralph Scorza (USDA) visitó Chile invitado precisamente por el programa de la Universidad de Chile, y se refirió al uso de herramientas biotecnológicas como apoyo al desarrollo de nuevas variedades. En esa ocasión, planteó dos estrategias principales: Transgenia y Selección asistida por marcadores. Para la primera de ellas, al menos en ese momento, el potencial de introgresar material genético (genes) desde un individuo donante a otro receptor para modificar su desempeño/fenotipo de interés era inmenso. Por otra parte, aún no estaba claro (20 años atrás) temas regulatorios asociados a los Organismos Genéticamente Modificados (OGM) y de qué forma este tipo de desarrollos podría ser un diferenciador negativo de los productos chilenos en los mercados de destino (sobre todo en Europa). Con un ejemplo didáctico, el Dr. Scorza, comparaba la transgenia con una estrategia para, en un juego de póker, traer una carta específica desde otro mazo para mejorar la mano y completar el "full" de ases. De hecho, 15 años después (2007) fue aceptada la patente en Estados Unidos de una variedad transgénica de ciruelo, 'HoneySweet', resistente al Plum Pox Virus (PPV) desarrollada por el Dr. Scorza quien, junto a su equipo, aislaron un gen del PPV que codifica a una proteína en la cubierta externa del virus, que luego fue insertada en un tejido embrionario de la variedad de ciruelo 'Bluebyrd', dando origen a 'HoneySweet'. Actualmente, las tecnologías de edición de genomas (editar el genoma de un individuo sin necesidad de importar material genético foráneo para modificar un fenotipo de interés) han abierto la puerta para el desarrollo de productos editados genéticamente para el consumo humano.

La segunda estrategia que presentó el Dr. Scorza en su charla fue la selección asistida por marcadores moleculares como apoyo al mejoramiento genético. Marcas a nivel de ADN ligados a caracteres de interés que permiten realizar una selección muy temprana (en la etapa de plántulas) y con una cantidad de muestra mínima (1-2 hojas) de individuos con características determinadas a partir de la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR del inglés "Polymerase Chain Reaction"). En esta ocasión, desarrolló la idea que la selección asistida consistía, siguiendo con el

ejemplo del póker, en marcar los naipes (los ases, por ejemplo) para saber en etapas tempranas del juego qué cartas escoger para tener una mano imbatible. Además, los marcadores moleculares podían apoyar al programa en otras dimensiones, como en la discriminación genética de parentales y selecciones avanzadas (“*fingerprinting*”), en la estimación de la diversidad genética de la colección de variedades, en la verificación de parentales (test de paternidad), entre otras. Todo esto, a partir de diferencias o polimorfismos a nivel de ADN entre individuos que son detectables por PCR. En ese momento (2002), la identificación (desarrollo) y detección (genotipificación) de marcadores de ADN estaba limitado por la tecnología de la época, además la cantidad de información genómica en especies de interés agrícola, era escasa. Sin embargo, el potencial de los marcadores era significativo y fueron abordados desde distintas dimensiones, las cuales comentaremos a continuación.

Selección asistida por marcadores

La selección asistida por marcadores moleculares o MAS (del inglés “Marker Assisted Selection”) es una potente herramienta biotecnológica que permite a los mejoradores seleccionar aquellas plantas con determinadas características de interés en cualquier etapa de su desarrollo a partir de pequeñas muestras de tejido. La herramienta se basa en la detección de secuencias de ADN ligadas significativamente con caracteres de interés agronómico. Por lo tanto, podemos definir la estrategia de MAS como la selección de una característica determinada en una planta a través de la presencia de un marcador molecular a nivel de ADN.

En la actualidad, los marcadores moleculares más utilizados se basan en la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR del inglés “Polymerase Chain Reaction”). Esta técnica de biología molecular permite obtener varias copias de un fragmento de ADN específico que luego puede identificarse de múltiples maneras.

Marcadores moleculares

Un marcador genético identifica diferencias genéticas entre individuos (Collard et al., 2005) y se define como cualquier polimorfismo genético detectable que se herede de forma mendeliana

simple. Hasta mediados de la década de los años 60, los marcadores utilizados en estudios de genética y mejoramiento fueron caracteres morfológicos codificados por un solo gen, basados en general en variantes fenotípicas de fácil identificación visual (enanismo, deficiencia de clorofila o morfología foliar) (Immer y Henderson, 1943; Allard, 1953). Estos marcadores tienen como principal ventaja la sencillez de su evaluación, ya que no son requeridas técnicas de laboratorio. Lamentablemente, normalmente son dominantes (solo dos clases fenotípicas) y en general su número es escaso, se ven afectados por el medio ambiente, suelen interactuar entre ellos y en muchos casos solamente se expresan cuando la planta está en estado adulto. En duraznero se han descrito más de 50 marcadores morfológicos (Sansavini et al., 2006).

Con la llegada de las técnicas modernas de la biología molecular, surgieron diversos métodos de detección de polimorfismo genético directamente



a nivel del ADN. Todos ellos se basan en los dos tipos básicos de mutación del ADN: las inserciones o deleciones (pérdida de parte de la secuencia de ADN) de fragmentos más o menos grandes (“InDels”) y las substituciones de un solo nucleótido

("Single Nucleotide Polymorphism" o SNPs), que se detectan con diferentes métodos y aproximaciones en función del tipo de marcador utilizado.

Las principales ventajas de los marcadores de ADN o moleculares con relación a los morfológicos, radican en su cobertura casi total del genoma y su disponibilidad prácticamente ilimitada. También, estos marcadores no se ven influenciados por factores ambientales y no presentan efectos pleiotrópicos o interacciones intergénicas (epistasia) (Collard et al., 2005), permitiendo su evaluación en estadios muy tempranos y a partir de muestras mínimas de tejido. Existen múltiples tipos de marcadores a nivel de ADN en función de la base genética del polimorfismo y los métodos de detección, pero en la actualidad los más usados son los microsatélites y los SNPs.

Microsatélites o SSRs ("Simple Sequence Repeats")

Los SSRs o microsatélites se basan en la amplificación vía PCR de regiones del genoma que contienen secuencias de 1-6 nucleótidos repetidas en tándem, utilizando un par de cebadores específicos complementarios a las secuencias únicas que flanquean el microsatélite. Los segmentos amplificados a partir de estos sitios, suelen presentar un extenso polimorfismo resultante de la presencia de diferentes números de elementos repetidos. Así, cada microsatélite, independiente del elemento repetido (por ejemplo (CA) n o (ATT) n), constituye un locus genético altamente variable, multialélico y de gran contenido informativo (Litt y Luty, 1989; Morgante y Oliveri, 1993).

SNPs ("Single Nucleotide Polymorphism")

Los SNPs son una nueva generación de marcadores derivados de la tecnología de secuenciación del ADN. Consisten en un sólo cambio de base (A, T, C o G) en la secuencia de ADN, producto de sustituciones nucleotídicas que ocurren con una frecuencia relativamente alta a lo largo del genoma. De hecho, son el polimorfismo más abundante en el genoma humano con una frecuencia de 1 SNP/20-300 pb, representando el 90% del total de las variaciones a nivel de secuencia (Wang et al., 1998a). Para que uno de estos cambios de base sea considerado como SNP y por tanto, un posible marcador molecular, su frecuencia alélica debe ser mayor al 1% en una población (Brookes,

1999). Los SNPs son marcadores codominantes con una distribución homogénea en el genoma y una disponibilidad prácticamente ilimitada. Su principal limitación es el bajo contenido de información por locus, ya que en general son marcadores bialélicos, aunque existe una posibilidad muy baja de encontrar más de dos alelos (3 ó 4) por locus.

Otra fuente de polimorfismo que se basa en el mismo principio que los SNPs, son los denominados "InDels", determinados por la inserción o delección de uno o varios nucleótidos. Estos marcadores codominantes de distribución homogénea no son tan abundantes en el genoma como los SNPs (Váli et al., 2008), pero poseen básicamente la misma utilidad.

Un SNP puede ser encontrado en regiones de ADN codificantes o no codificantes, mostrando diferencias significativas de frecuencia entre ambas regiones (Li y Sadler, 1991). Un SNP en una región de ADN codificante puede generar un polipéptido diferente, que pierda o altere su función original (mutación de cambio de sentido), o en codificar un codón de término de forma prematura afectando la funcionalidad de la proteína codificada. También, es posible que no genere ninguna variación a nivel del polipéptido, ya que el cambio de base puede determinar un nuevo triplete que codifique para el mismo aminoácido (mutación silenciosa) o para un aminoácido equivalente (mutación neutra). Por otra parte, los SNPs en regiones intrónicas suelen no tener efecto, aunque en algunos casos pueden afectar al proceso de transcripción.

En función del tipo de mutación (sustitución de una base) que determina un SNP, es posible clasificarlos como transiciones (cambio de una purina por otra purina o una pirimidina por otra pirimidina) o transversiones (cambio de una purina por una pirimidina o de una pirimidina por una purina). El descubrimiento o detección de SNPs es una de las principales limitaciones de este tipo de marcadores, ya que es necesario desarrollar una estrategia que incluye directa o indirectamente contar con información proveniente de la secuenciación de los individuos de interés. Sin embargo, en la actualidad los costos de secuenciación son cada vez más bajos.

Aplicaciones de los marcadores genéticos

De un modo general, el empleo de marcadores moleculares en mejoramiento genético tienen un

sinnúmero de aplicaciones que siguen creciendo en función de los avances tecnológicos en esta área, las cuales pueden ser divididas en aplicaciones cuyos resultados generan resultados en corto o el medio-largo plazo. Mientras que las aplicaciones a corto plazo incluyen la identificación y discriminación de genotipos y estimación de diversidad genética, las aplicaciones a mediano y largo plazo pueden ser clasificadas en analíticas y sintéticas. Las aplicaciones analíticas se basan en la determinación de la variabilidad genotípica, determinada por los marcadores y su correlación con la expresión fenotípica en procedimientos de mapeo genético y la identificación de genes candidatos asociados a caracteres de interés. Por su parte, las aplicaciones sintéticas utilizan la información desarrollada en la fase analítica para la selección de genotipos asistida por marcadores (MAS; "Marker-Assisted Selection" o MAB; "Marker-Assisted Breeding").

Discriminación genética

La mayoría de las nuevas variedades de especies frutales están licenciadas/patentadas y por tanto su utilización sin autorización podría ser penalizada. Por otra parte, en muchos casos no existen diferencias que permitan una rápida e inequívoca identificación de una variedad, ya que las diferencias fenotípicas son mínimas. En este sentido, se hace particularmente difícil probar la utilización de material vegetal protegido de forma indebida. Otras veces es necesario comprobar quienes son los parentales de un individuo obtenido a partir de un cruzamiento interespecífico (test de paternidad), como control de la eficiencia de la polinización manual o para caracterizar/comprobar el origen genético de una nueva variedad. En todos los casos, el perfil genético obtenido desde un set informativo de marcadores moleculares para un individuo o grupo, permitiría su identificación o discriminación genética (DNA "fingerprinting"), o establecer relaciones de parentesco o individuos fuera de tipo (producto de una polinización no deseada).

En el contexto del programa de mejoramiento genético chileno, hemos desarrollado un set de marcadores que permite discriminar entre 1.545 variedades de duraznero y nectarino (un perfil genético para cada una) incluyendo las seis variedades desarrolladas por el programa. De

esta manera, seleccionamos 30 SNPs altamente informativos a partir de la información genómica disponible y la secuenciación del genoma completo de las nectarinas 'Andes nec-1', 'Andes nec-2', 'Andes nec-3', 'Andes nec-4', 'Andes nec-5' y 'Andes nec-6' desarrolladas por el programa.

A partir de la secuenciación completa del genoma de estos seis individuos, se identificó un promedio de 487.753 variantes de un solo nucleótido o SNV (del inglés "Single Nucleotide Variant") entre las muestras y el genoma de referencia, mientras que a nivel de InDels se identificó un promedio de 87.047. Además, aproximadamente el 63% de los SNV son heterocigotos, mientras que el 60% de los InDel son heterocigotos. En relación a la frecuencia de SNV por cada 1.000 pb fue de 2,1, mientras la frecuencia de InDel promedio fue 0,4 InDel/1.000 pb, resultados concordantes con la frecuencia de este tipo de variantes reportadas en la especie *P. persica* (Aranzana et al., 2012). De esta manera, se desarrolló una potente herramienta de discriminación genética, útil para apoyar la vigilancia y protección de las obtenciones vegetales generadas por el programa.



Diversidad genética

Una de las definiciones de diversidad genética (DG) más utilizada fue descrita por Brown (1983), quien propuso que la DG se puede considerar como la variación genética entre individuos de una especie, variedad o población. Posteriormente, se hizo énfasis en la diferencia entre biodiversidad y diversidad genética, considerando biodiversidad como la variación dentro de un entorno de seres vivos, mientras que la diversidad genética es la

variación hereditaria dentro y entre poblaciones de organismos (Rao y Hodgkin, 2002). La extensión y distribución de la diversidad genética de una especie vegetal dependerá de diversos factores como la evolución de ésta y el sistema de mejoramiento al que haya sido expuesta. Asimismo, se consideran factores ecológicos y geográficos, eventos denominados cuellos de botella ocurridos en el pasado y frecuentemente factores humanos (Tilman et al., 1997).

El inicio de la domesticación del duraznero se produce en su centro de origen, la antigua China (Faust y Timon, 1995) y desde ese lugar los domesticadores han guiado el desarrollo de los individuos al seleccionar aquellos que cumplan ciertas características deseables como la fecha de cosecha, dulzor, acidez, tamaño y forma del fruto, desarrollando incluso variedades con propósitos ornamentales (Micheletti et al., 2015). La ruta de domesticación del duraznero se inicia en China hace 4.000 años, llegando a Europa por

parte de comerciantes persas hace poco más de 2.000 años, siendo introducida a América durante la colonización europea entre los siglos XV y XVI. Desde aquí uno de los eventos más significativos en la historia del duraznero es la introducción de la variedad 'Chinese Cling' en los programas de mejoramiento genético norteamericanos durante el siglo XIX, variedad que fue usada como parental para la obtención de los primeros individuos y se considera un parental fundador ya que probablemente la mayoría de las variedades comerciales actuales tienen en su fondo genético a 'Chinese Cling' (Bielenberg et al., 2009).

Durante los años de selección y programas de mejoramiento, esta especie vio modelada su estructura genética hacia una reducción de la diversidad y la heterocigosidad, obteniéndose al día de hoy, individuos con una estrecha base genética (Li et al., 2013) producto del efecto fundador con 'Chinese Cling', la endogamia, facilitada por la capacidad de auto fecundación de esta especie

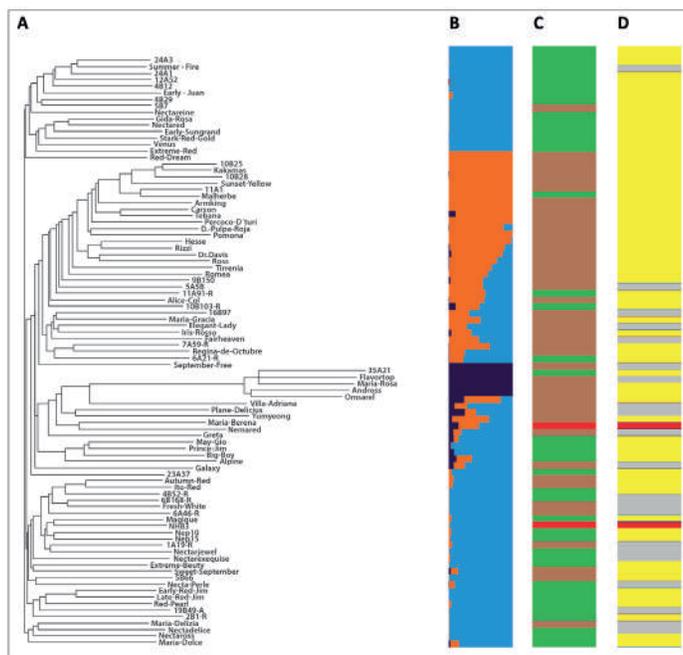


Figura 1. Relación filogenética, estructura y distribución de los individuos por fenotipo. (A) Árbol filogenético de la colección de variedades y parentales del programa obtenido mediante el algoritmo Neighbor-Joining (NJ). (B) Resultado de estructura poblacional para la mejor estructura (K=3) donde SubPop1 (celeste), SubPop2 (anaranjado) y SubPop3 (morado). (C-D) Distribución por fenotipos donde durazno (marrón), nectarín (verde), pulpa blanca (gris) y pulpa amarilla (amarillo). Los individuos sin fenotipos disponibles, se representan como franjas rojas.

y la propagación de individuos mediante injertos (propagación clonal), considerada como un medio de reproducción asexual (Meneses y Orellana, 2013).

En un programa de mejoramiento genético, es de suma utilidad estimar la diversidad genética de la colección de variedades usada como parentales para los cruzamientos. Primero, permite determinar qué tan probable es encontrar nuevas clases fenotípicas (más diversidad, mayor probabilidad) y además puede asistir la selección de parentales al establecer la similitud o distancia genética entre individuos. Así, si el objetivo de un cruzamiento es observar una amplia gama de diversidad, se podrían seleccionar los parentales más distantes dentro de un árbol de distancia genética construida con la información genotípica obtenida desde los marcadores. Por otra parte, si el objetivo es a partir de una variedad de gran desempeño generar una nueva que solo difiera en un aspecto determinado (fecha de cosecha, por ejemplo), se podría elegir como parental otra variedad muy cercana en un árbol de distancia genética.

Con el objetivo de obtener un set de polimorfismos para estimar el grado actual de diversidad presente de la colección de variedades, se utilizó la estrategia de GBS (del inglés "Genotyping by Sequencing") para detectar y genotipificar al mismo tiempo, miles de SNP presentes en 95 variedades del programa usadas como parentales para cruzamientos dirigidos. Utilizando el nuevo set de marcadores de 5.890 SNPs detectados por GBS, se determinó el grado actual de diversidad dentro del programa, separando individuos por fenotipo observable y estructura poblacional o agrupación de los individuos, con el objetivo de determinar aquellas que abarquen la mayor y menor diversidad dentro del programa de mejora. Se estableció la relación filogenética, estructura y distribución de individuos por fenotipos (Figura 1).

Mapas genéticos y análisis de QTLs

Un mapa genético es una representación simplificada del genoma, en el que los marcadores genéticos, en función de la probabilidad que segreguen juntos, forman grupos de ligamiento que representan a los cromosomas (Paterson, 1996). En general, se espera que se encuentren tantos grupos de ligamiento como cromosomas haploides posea una especie. El impacto tecnológico de los mapas como base para el desarrollo de una serie de

herramientas de apoyo a la mejora de plantas es indiscutible. En este contexto y de forma general los mapas genéticos posibilitan:

- El genotipado de individuos usando marcadores que cubren la totalidad del genoma.
- La disección de características genéticas complejas en sus componentes mendelianos.
- La localización de marcadores en regiones genómicas que contienen genes que controlan caracteres de importancia económica.
- La cuantificación del efecto de cada una de estas regiones en las características estudiadas.
- La conversión de la información anterior para su uso rutinario y económicamente viable en programas de mejoramiento genético en función de las peculiaridades de la especie, estrategias de mejora y caracteres a mejorar.

A partir del apoyo de diversos proyectos de investigación, durante la última década se construyeron dos mapas genéticos altamente saturados, usando dos poblaciones biparentales desarrolladas por el mismo programa: 'Venus' x 'Venus' (VxV) y 'O'Henry' x 'NR-053'. El primero, construido a partir de una población de 151 individuos proveniente de la autopolinización de la variedad de nectarino 'Venus', utilizando 1.830 SNPs provenientes de un chip de SNP 9k, 7 microsatélites y 2 marcadores morfológicos. El mapa genético VxV cuenta con 8 grupos de ligamiento que abarcan 389,2 cM con 332 cluster (marcadores ubicados en posiciones únicas) con un intervalo promedio de 1,15 cM/cluster y 0,21 cM/marcador. Por otra parte, el segundo mapa de ligamiento fue construido usando una población F1 de 194 individuos provenientes del cruzamiento de los parentales 'O'Henry' y 'NR-053' utilizando GBS para obtener información genotípica de la población. Un total de 486 SNPs, 11 microsatélites y 2 marcadores morfológicos fueron correctamente mapeados en 477 clusters distribuidos en 9 grupos de ligamiento, abarcando un total de 717,6 cM con una distancia promedio entre cluster de 1,5 cM/cluster. Ambos mapas han sido utilizados para una serie de estudios genéticos, donde la obtención y caracterización de las poblaciones generadas por el programa han sido claves y han permitido identificar QTLs, genes candidatos y desarrollar marcadores asociados a caracteres de interés agronómico.

Selección asistida por marcadores

Una vez que los marcadores moleculares están disponibles, es necesario establecer una asociación entre los marcadores genéticos y los caracteres de calidad de la fruta. Para hacer esto, hay varias alternativas metodológicas, las cuales han sido utilizadas con éxito relativo y hay dos ampliamente aceptadas: análisis de loci de rasgo cuantitativo (QTL) y mapeo de asociaciones. Aunque estas estrategias son previas a la era de la secuenciación de última generación (NGS), en la actualidad miles de polimorfismos están disponibles en varias especies frutales de la familia Rosaceae y pueden expandirse usando plataformas NGS. Toda esta información junto con la posibilidad de genotipar cientos de individuos, incluyendo segregantes de poblaciones de mapeo biparental o variedades, mejora la probabilidad de encontrar marcadores vinculados a caracteres, debido a una mayor resolución de los mapas genéticos, la cobertura del genoma es mejor y la variabilidad genética es abundante debido al número de individuos considerados en el análisis.

La gran mayoría de los caracteres heredables de importancia económica resultan de una acción conjunta entre varios genes. Estos caracteres (por ejemplo, el peso de los frutos, la altura de la planta, el crecimiento volumétrico de la copa) son denominados poligénicos o cuantitativos, y el fenotipo resulta esencialmente de la variación continua, resultado de la superposición de clases fenotípicas discretas producidas por diferentes combinaciones de genes y el efecto del medio ambiente. Los loci que contienen uno o más genes que controlan estos caracteres cuantitativos (llamados QTLs por "Quantitative Trait Loci") pueden ser detectados aplicando los principios de genética cuantitativa y de ligamiento genético, ya que es posible asociar la variación fenotípica de un carácter poligénico con la segregación de los marcadores posicionados en un mapa. De esta manera, es posible mapear un QTL utilizando los métodos de análisis de marcadores individuales, mapeo por intervalos simple o mapeo por intervalos compuestos (Liu, 1998).

Existen numerosos trabajos de análisis de QTLs en especies del género *Prunus* relacionados con la época de floración y maduración, la calidad del fruto, la arquitectura del árbol y la resistencia a fitopatógenos (Dirlewanger et al., 1996; Abbott et

al., 1998; Dirlewanger et al., 1999; Etienne et al., 2002; Verde et al., 2002; Quilot et al., 2004; Dirlewanger et al., 2006; Lambert et al., 2007; Ogundiwin et al., 2008; Sánchez-Pérez et al., 2007; Dirlewanger et al., 2009). Dentro del contexto del proyecto, identificamos QTLs para los caracteres fecha de cosecha y harinosidad de la pulpa localizando en el cromosoma 4 de *Prunus persica*, identificando además genes candidatos asociados a estos caracteres de importancia para el programa. Esta información ha sido base para la detección de marcadores moleculares asociados a la fecha de cosecha, el contenido de sólidos solubles y la harinosidad de la fruta (Nuñez-Lillo et al., 2015 y Nuñez-Lillo et al., 2019).

Con relación a los marcadores moleculares para selección asistida en *Prunus persica*, en general están supeditados a caracteres mendelianos como presencia y ausencia de tricomas (durazno/nectarín), color de pulpa (blanco/amarillo), acidez de la pulpa (ácido/súrbido), entre otros. La mayoría de los caracteres más importantes desde un punto de vista agronómico y comercial están controlados por múltiples genes, y por lo mismo, las estrategias para encontrar asociaciones significativas son más complejas. Dentro de estas aproximaciones metodológicas están el ya mencionado análisis de QTL, el análisis de asociación genética (por ejemplo GWAS del inglés "Genome-Wide Association Study") y la selección genómica. Todas ellas se basan en aproximaciones estadísticas para encontrar asociaciones significativas entre el genotipo (información desde los marcadores de ADN) y el fenotipo de los caracteres que son interesantes en un grupo de variedades, las cuales pueden ser poblaciones segregantes biparentales o colecciones de variedades que deben representar o contener la mayor proporción posible de la variación genética del carácter que se espera estudiar.

Dentro del contexto del proyecto y en colaboración con otras iniciativas incluyendo los proyectos Consorcio Biofrutales (SP03 y SP04), Genoma 4 (Fondef), Fondecyt 11121396 y Fondecyt 1160584, se desarrollaron y validaron marcadores asociados a tipología de fruto normal/*slow ripening*, fecha de cosecha (temprana, media y estación tardía), concentración de sólidos solubles y harinosidad de la pulpa, donde dentro de este último incluso hemos explorado nuevas

herramientas como la metabolómica y epigenética para el estudio de este fenotipo, identificando algunos metabolitos (Lillo-Carmona et al., 2020) y patrones de metilación (Rothkegel et al., 2021) que podrían ser de interés para desarrollar marcadores de predicción de la aparición de este desorden en etapas tempranas del desarrollo del fruto. Todos

ellos están disponible para el programa. Además, hemos desarrollado una estrategia metodológica que permite usar estos marcadores de forma masiva y rutinaria usando secuenciación masiva, ya que este tipo de información no solo debe estar disponible, sino que también debe ser oportuna para la toma de decisiones y a un bajo costo.

Comentarios finales

A partir de la utilización de marcadores moleculares y estrategias genómicas, se ha desarrollado información y herramientas biotecnológicas de apoyo al programa de mejoramiento genético. Sin embargo, el uso de marcadores moleculares para selección asistida está limitado a caracteres de herencia mendeliana o a aquellos controlados por pocos genes (oligogénicos). En el caso de los caracteres poligénicos (controlados por muchos genes), demasiados factores incluyendo los ambientales (bióticos y abióticos), definen una clase fenotípica. Por lo mismo, es muy poco probable que un número acotado de diferencias a nivel de ADN permitan predecir clases fenotípicas de un carácter cuantitativo. En este sentido, la selección genómica podría ser una buena alternativa, pero la disponibilidad de poblaciones y variedades en Chile para estudios genéticos es muy limitada, lo que dificulta la utilización de esta estrategia. Por lo mismo, parece necesario, de forma planificada

e intencionada, aumentar de forma significativa el material vegetal disponible, tanto para su utilización como parentales como para estudios genéticos.

Por otra parte, la utilización de herramientas genéticas y genómicas son fundamentales en la identificación de genes candidatos asociados a caracteres de interés. Quizás en todos estos años se ha sido particularmente exitoso en esto utilizando estrategias genéticas, genómicas, transcriptómicas e incluso epigenéticas. De hecho, en un escenario donde las plataformas de edición de genomas cada vez serán más eficaces y eficientes incluso en especies frutales, no solo será necesario saber cómo editar un genoma, sino que será más importante aún saber qué editar para obtener avances genéticos significativos. Es ahí donde toda la experiencia adquirida en el desarrollo de herramientas genómicas será una base fundamental para una interacción poderosa entre la edición genética e identificación y edición de genes candidatos para apoyar en múltiples dimensiones a los programas de mejora genética.



Tabla 1. Marcadores para identificación varietal para el programa de mejoramiento genético. La posición en el genoma indica el cromosoma (01-08) seguido por la posición del SNP en el cromosoma en pares de base. SNP ID es la identificación del SNP en el chip 9K de *Prunus persica*. Genotipo son los alelos posibles para el SNP siendo el primer nucleótido el representativo del genoma de referencia y el segundo el alelo alternativo. En **negrita** está destacado el genotipo de los SNP únicos de cada variedad.

Posición en genoma	SNP ID	Dur 1	Dur 2	Dur 3	Dur 4	Dur 5	Dur 6
Pp04_16511312	SNP_IGA_441507	T/C	T/T	T/T	T/T	T/T	T/T
Pp04_16609144	SNP_IGA_441887	T/G	T/T	T/T	T/T	T/T	T/T
Pp04_16674024	SNP_IGA_442235	A/G	A/A	A/A	A/A	A/A	A/A
Pp04_16969912	SNP_IGA_444291	A/G	A/A	A/A	A/A	A/A	A/A
Pp04_17587156	SNP_IGA_446745	T/C	T/T	T/T	T/T	T/T	T/T
Pp06_25048808	SNP_IGA_683956	A/A	A/G	A/A	A/A	A/A	A/A
Pp06_25148774	SNP_IGA_684489	A/A	A/G	A/A	A/A	A/A	A/A
Pp06_25235587	SNP_IGA_684677	A/A	A/C	A/A	A/A	A/A	A/A
Pp06_25286420	SNP_IGA_684875	T/T	T/C	T/T	T/T	T/T	T/T
Pp06_25507765	snp_6_23643482	A/A	A/G	A/A	A/A	A/A	A/A
Pp02_5732272	SNP_IGA_184732	T/T	T/T	T/C	T/T	T/T	T/T
Pp02_17459410	SNP_IGA_259982	A/A	A/A	A/G	A/A	A/A	A/A
Pp06_2543902	SNP_IGA_612827	T/T	T/T	T/C	T/T	T/T	T/T
Pp06_2534592	SNP_IGA_612985	T/T	T/T	T/C	T/T	T/T	T/T
Pp06_2458637	snp_6_2750075	T/T	T/T	T/C	T/T	T/T	T/T
Pp08_861206	SNP_IGA_796143	T/T	T/T	T/T	T/C	T/T	T/T
Pp08_14145609	SNP_IGA_863130	T/T	T/T	T/T	T/C	T/T	T/T
Pp03_19691971	SNP_IGA_347331	A/A	A/A	A/A	A/C	A/A	A/A
Pp03_19729171	SNP_IGA_347580	T/T	T/T	T/T	T/C	T/T	T/T
Pp03_19798324	SNP_IGA_347906	A/A	A/A	A/A	A/C	A/A	A/A
Pp02_3494948	SNP_IGA_152651	A/A	A/A	A/A	A/A	A/G	A/A
Pp02_3524590	SNP_IGA_153346	A/A	A/A	A/A	A/A	A/G	A/A
Pp02_14033067	SNP_IGA_244705	T/T	T/T	T/T	T/T	T/C	T/T
Pp02_14147600	SNP_IGA_245204	A/A	A/A	A/A	A/A	A/G	A/A
Pp02_14148007	SNP_IGA_245214	T/T	T/T	T/T	T/T	T/C	T/T
Pp04_10194038	SNP_IGA_408520	T/T	T/T	T/T	T/T	T/T	T/C
Pp04_10214022	SNP_IGA_408654	T/T	T/T	T/T	T/T	T/T	T/G
Pp04_10388742	SNP_IGA_409371	T/T	T/T	T/T	T/T	T/T	T/C
Pp02_10760340	snp_4_22274908	T/T	T/T	T/T	T/T	T/T	T/C
Pp06_3034364	SNP_IGA_610889	T/T	T/T	T/T	T/T	T/T	T/C



Literatura citada

- Abbott, A.G., Rajapakse, S., Sosinski, B., Lu, Z.X., Sossey-Alaoui, K., Gannavarapu, M., Reighard, G., Ballard, R.E., Baird, W.V., Scorza, R. and Callahan, A. 1998. Construction of saturated linkage maps of peach crosses segregating for characters controlling fruit quality, tree architecture and pest resistance. *Acta Horticulturae (ISHS)* 465:41–50.
- Allard, R.W. 1953. Inheritance of some seed coat colours and patterns in lima beans. *Hilgardia* 22:167–177.
- Aranzana, M.J., Illa, E., Howard, W. 2012. A first insight into peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] SNP variability. *Tree Genetics & Genomes* 8:1359–1369.
- Bielenberg D, Gasic K, Chaparro JX. Peach. In: Foltá KM, Gardiner SE. 2009. *Genetics and genomics for Rosaceae*. Springer p. 223–90.
- Collard, B., Jahufer, M., Brouwer, J. and Pang, E. 2005. An introduction to markers, Quantitative trait loci (QTL) mapping and marker-assisted selection for crop improvement: The Basic concepts. *Euphytica* 142:169–196.
- Dirlwanger, E., Cardinet, G., Boudehri, K., Renaud, C., Monllor, S., Illa, E., Howad, W., Arús, P., Croset, C., Poëssel, J.L. 2009. Detection of QTLs controlling major fruit quality components in peach within the European project ISAFRUIT. *Acta Horticulturae (ISHS)* 814:533–538.
- Dirlwanger, E., Cosson, P., Boudehri, K., Renaud, C., Capdeville, G., Tauzin, Y., Laigret, F. and Moing, A. 2006. Development of a second-generation genetic linkage map for peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] and characterization of morphological traits affecting flower and fruit. *Tree Genetics and Genomes* 3:1–13.
- Dirlwanger, E., Moing, A., Rothan, C., Svanella, L., Pronier, V., Guye, A., Plomion, C. and Monet, R. 1999. Mapping QTLs controlling fruit quality in peach (*Prunus persica* (L.) Batsch). *Theoretical Applied Genetics* 98:18–31.
- Dirlwanger, E., Pascal, T., Zuger, C. and Kervella, J. 1996. Analysis of molecular markers associated with powdery mildew resistance genes in peach (*Prunus persica* (L.) Batsch) x *Prunus davidiana* hybrids. *Theoretical Applied Genetics* 93:909–919.
- Etienne, C., Rothan, C., Moing, A., Plomoion, C., Bodenes, C., Svanella-Dumas, L., Cosson, P., Pronier, V., Monet, R. and Dirlwanger, E. 2002. Candidate genes and QTLs for sugar and organic acid content in peach (*Prunus persica* (L.) Batsch). *Theoretical Applied Genetics* 105:145–159.
- Faust M, Timon B. 1995. Origin and Dissemination of Peach. *Hortic Rev (Am Soc Hortic Sci)*;331–79.
- Immer, F.R. and Henderson, M.T. 1943. Linkage studies in Barley. *Genetics* 28:419–40.
- Lambert, P., Dicenta, F., Rubio, M. and Audergon, J. 2007. QTL analysis of resistance to sharka disease in the apricot (*Prunus armeniaca* L.) 'Polonais' x 'Stark Early Orange' F1 progeny. *Tree Genetics and Genomes* 3:299–309.
- Li, W.H. and Sadler, L.A. 1991. Low Nucleotide Diversity in Man. *Genetics* 129:513–523.
- Lillo-Carmona, V., Espinoza, A., Rothkegel, K., Rubilar, M., Nilo-Poyanco, R., Pedreschi, R., Campos-Vargas, R., Meneses, C. 2020. Identification of metabolite and lipid profiles in a segregating peach population associated with mealiness in *Prunus persica* (L.) Batsch. *Metabolites* 10, 154.
- Litt, M. and Luty, J.A. 1989. A hypervariable microsatellite revealed by in vitro amplification of a dinucleotide repeat within the cardiac muscle actin gene. *The American Journal of Human Genetics* 44:397–401.
- Li X, Meng X, Jia H, Yu M, Ma R, Wang L. 2013. Peach genetic resources: diversity, population

structure and linkage disequilibrium. *BMC Genet. BMC Genetics* 14(1):84.

Liu, B.H. 1998. *Statistical genomics: linkage, mapping, and QTL analysis*. CRC Press.

Meneses, C. and Orellana, A. 2013. Using genomics to improve fruit quality. *Biol Res*, 46(4):347–52.

Micheletti, D., Dettori, M.T., Micali, S., Aramini, V., Pacheco, I., Da Silva Linge, C. 2015. Whole-genome analysis of diversity and SNP-major gene association in peach germplasm. *PLoS One* 10(9):1–19.

Morgante, M. and Olivieri, A.M. 1993. PCR-amplified microsatellites as markers in plant genetics. *Plant Journal* 3:175–182.

Núñez-Lillo, G., Cifuentes-Esquivel, A., Troggio, M., Micheletti, D., Infante, R., Campos-Vargas, R., Orellana, A., Blanco-Herrera, F., Meneses, C. 2015. Identification of candidate genes associated with mealiness and maturity date in peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] using QTL analysis and deep sequencing. *Tree Genetics & Genomes* 11(86):1–13.

Núñez-Lillo, G., Balladares, C., Pavez, C., Urra, C., Sanhueza, D., Vendramin, E., Dettori, M.T., Arús, P., Verde, I., Blanco-Herrera, F., Campos-Vargas, R., Meneses, C. 2019. High-density genetic map and QTL analysis of soluble solid content, maturity date, and mealiness in peach using genotyping by sequencing. *Scientia Horticulturae*, 257, 108734.

Ogundiwin, E., Peace, C., Nicolet, C., Rashbrook, V., Gradziel, T., Bliss, F., Parfitt, D. and Crisosto, C. 2008. Leucoanthocyanidin dioxygenase gene (PpLDOX): a potential functional marker for cold storage browning in peach. *Tree Genetics and Genomes* 4:543–554.

Paterson, A.H. 1996. Making genetic maps. In: Paterson AH (ed) *Genome Mapping in Plants*. R. G. Landes Company, San Diego, California; Academic Press, Austin, Texas, pp 23–39.

Quilot, B., Wu, B.H., Kervella, J., Genard, M., Foulongne, M. and Moreau, K. 2004. QTL analysis of quality traits in an advanced backcross between *Prunus persica* cultivars and the wild relative species *P. davidiana*. *Theoretical Applied Genetics* 109:884–897.

Rao R. V., Hodgkin T. 2002. Genetic diversity and conservation and utilization of plant genetic resources. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 68: 1–19.

Rothkegel, K., Espinoza, A., Sanhueza, D., Lillo-Carmona, V., Riveros, A., Campos-Vargas R and Meneses, C. 2021. Identification of DNA Methylation and Transcriptomic Profiles Associated With Fruit Mealiness in *Prunus persica* (L.) Batsch. *Front. Plant Sci.* 12:684130.

Sánchez-Pérez, R., Howad, D., Dicenta, F., Arús, P. and Martínez-Gómez, P. 2007. Mapping major genes and quantitative trait loci controlling agronomic traits in almond. *Plant Breeding* 126:310–318.

Sansavini, S., Bassi, D. and Gamberini, A. 2006. Peach breeding, genetic and new cultivar trends. *Acta Horticulturae* 713:23–52.

Tilman D., Knops J., Wedin D., Reich P., Ritchie M., Siemann E. 1997. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science* 277: 1300–1302.

Väli, U., Brandstrom, M., Johansson, M. and Ellegren, H. 2008. Insertion-deletion polymorphisms (indels) as genetic markers in natural populations. *BMC Genetics* 9:8.

Verde, I., Quarta, R., Cedrola, C. and Dettori, M.T. 2002. QTL analysis of agronomic traits in a BC1 peach population. *Acta Horticulturae* 592: 291–297.

Wang, D.G., Fan, J.B., Siao, C.J., Berno, A., Young, P., Sapolsky, R., Ghandour, G., Perkins, N., Winchester, E., Spencer, J. 1998a. Large-Scale Identification, Mapping, and Genotyping of Single-Nucleotide Polymorphisms in the Human Genome. *Science* 280: 1077–1082.

Zheng Y, Crawford GW, Chen X. 2014. Archaeological evidence for peach (*Prunus persica*) cultivation and domestication in China. *PLoS One* 9(9):e106595.



No solo saben bien, hacen bien: ¿Por qué consumir duraznos y nectarinas?

Igor Pacheco

Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos Dr. Fernando Monckeberg Barros (INTA)
Universidad de Chile.

Introducción

Cada vez se hace más evidente que el consumo de frutas y verduras frescas es uno de los pilares fundamentales para llevar una vida sana. Al día de hoy, son innumerables los estudios publicados en revistas especializadas que asocian una dieta rica en fibras y antioxidantes y baja en azúcares simples y grasas saturadas, con una menor incidencia de enfermedades como la diabetes tipo II, la hipertensión y el síndrome metabólico. Según reportes actuales de la Organización Mundial de la Salud (OMS), estas enfermedades, conocidas como enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) son responsables del 71% de las muertes a nivel global, y de estas últimas, un 85% ocurre a personas entre los 30 y 65 años de edad en países de ingresos medio-bajos (WHO, 2021). Es por esta razón que se han creado en Chile iniciativas como “5 al día” en que se promueve el consumo de frutas y verduras frescas en la población y donde la academia, los productores y comerciantes de frutas y verduras se unen en torno a entregar el mensaje de consumir al menos cinco porciones diarias de frutas y verduras.

Además de reducir el nivel de mortalidad asociado a las ECNT, consumir preferencialmente frutas, vegetales, legumbres y cereales integrales

por sobre productos procesados, refinados o de origen animal, no solo mejorará los indicadores de morbilidad de la población, sino que también repercutirá positivamente en los sistemas de producción agrícola, aumentando su sostenibilidad. Este punto es parte de un desafío global que se debe adoptar con urgencia, considerando que la producción de alimentos (especialmente alimentos de origen animal) se encuentra entre los principales impulsores de la degradación ambiental global al contribuir negativamente al cambio climático, la pérdida de biodiversidad, el uso excesivo de agua dulce, entre otros. El reporte “Food in the Anthropocene” de la comisión EAT-Lancet en dietas saludables y sostenibilidad de producción alimentaria, afirma que los cambios desde dietas actuales a dietas saludables beneficiarían sustancialmente la salud humana, reduciendo las muertes por ECNTs hasta en un 23,6%, además de disminuir la demanda de productos de origen animal (especialmente carnes rojas) y con ello su impacto en el uso de tierra arable y los demás elementos de degradación ambiental anteriormente mencionados (Willett et al., 2019)

De este y otros estudios se desprende que, para satisfacer las necesidades nutricionales

de la población, y al mismo tiempo minimizar el impacto ambiental, el rendimiento (toneladas producidas por hectárea de cultivo) de cereales, legumbres, frutas y verduras debiera aumentar alrededor de un 50% de aquí al 2050. Además del manejo agronómico, el mejoramiento genético es una de las vías disponibles para generar variedades que tengan una mayor productividad, calidad sensorial y calidad nutricional (entre otros rasgos) sin aumentar el uso de terrenos y recursos hídricos. Debido a la importancia que adquiere actualmente la capacidad promotora de la salud de los alimentos como criterio de calidad, es que hacia la segunda mitad del período de actividad del Programa de Mejoramiento Genético de Duraznos y Nectarinas de la Universidad de Chile se incluyó el estudio de la capacidad funcional en las variedades y selecciones generadas.

Como se analizó en el capítulo 2 de esta publicación, los duraznos y las nectarinas corresponden a importantes productos frutícolas debido a su alto consumo a nivel mundial. Por esta razón, en este capítulo se describen las propiedades promotoras de la salud más importantes de estos frutos, destacando algunos resultados encontrados en la literatura científica, y haciendo referencia a la posibilidad de incluir en un programa de mejora genética el criterio de calidad nutracéutica para la selección y promoción de las variedades generadas.

Los duraznos de la inmortalidad

La especie (*Prunus persica* [L.] Batsch) tiene su origen en China. Además de los registros arqueológicos que evidencian este origen, en la antigua mitología y folclor chino se nombra al durazno en distintas instancias, relacionándolo siempre con la capacidad de conferir longevidad o inmortalidad a quienes los consumían. Según la doctrina taoísta, los dioses permitían comer los frutos del duraznero de la inmortalidad como recompensa a los humanos por sus virtudes. Existen además pinturas tradicionales, originarias de la dinastía Han y típicamente difundidas hasta el día de hoy en las fiestas de año nuevo chino, en las cuales representaciones de los frutos del duraznero se asocian con buenos deseos de larga vida (Faust et al., 1995).

Existen también pasteles chinos conocidos como “duraznos de la longevidad” que se regalan

tradicionalmente en los cumpleaños de personas mayores, como augurio de larga vida.



Figura 1. Obra china del siglo XVIII, con grullas y duraznero, elementos que evocan la inmortalidad en la cultura china.

Más allá de su significancia en la tradición china, hasta hoy el conocimiento científico moderno no ha brindado pruebas de que los duraznos y/o nectarinas aumenten, por si solos, la esperanza de vida en sus consumidores humanos. Sin embargo, en un estudio del Servicio de Investigaciones en Agricultura de Estados Unidos en colaboración con el Instituto Nacional de Envejecimiento de este país (Boyd et al., 2011), se concluyó que la suplementación en varios tipos de dieta (normal, con restricción calórica y altas en grasas) con extracto de nectarinas, mejora significativamente una serie de parámetros relacionados con la

esperanza de vida, la fertilidad y el tono oxidativo en el organismo modelo de laboratorio *Drosophila melanogaster* (mosca del vinagre). Si pudiéramos extrapolar directamente los resultados de este estudio al efecto del consumo de estas frutas en humanos, estaríamos en condiciones de decir que los duraznos de la inmortalidad chinos son una realidad a nuestro alcance. Además de este estudio, a la fecha se han publicado más de 50 reportes en revistas de corriente principal relacionando al consumo de duraznos y nectarinas con efectos beneficiosos para la salud, los cuales en parte refuerzan la idea de que el consumo de fruta fresca es un hábito deseable en la población.

La causa de las anteriormente mencionadas capacidades “promotoras de la salud” de los duraznos y nectarinas es que estos frutos contienen distintos tipos de moléculas que se asocian con variados efectos positivos en la fisiología de quien las consume. Su naturaleza química es diversa y, por ende, sus blancos de acción en el organismo así lo son. A continuación, se intentará sintetizar parte del conocimiento disponible acerca de estos compuestos presentes en duraznos y nectarinas, y cómo se ha comprobado que tienen un efecto beneficioso en la salud humana.

Contenido de carbohidratos y fibras en duraznos y nectarinas

Al igual que muchos frutos, los duraznos y nectarinas tienen un bajo contenido de calorías (entre 50 y 65 calorías/100 g de fruta) y un alto contenido de agua (80-90%). El contenido de azúcares en estos frutos depende de la variedad y está entre los 6 y 15 gramos por cada 100 gramos de fruta, siendo la sacarosa, el azúcar predominante, seguida por glucosa y fructosa, y en menores cantidades sorbitol, maltosa, galactol y xilosa. La fructosa es un azúcar importante en duraznos y nectarinas del punto de vista del sabor y de la calidad nutricional, ya que a pesar de que no es el azúcar predominante, tiene un poder endulzante de casi el doble que la sacarosa, y forma parte de fibras con actividad prebiótica como se profundizará a continuación.

Los duraznos y nectarinas constituyen una muy buena fuente de fibras (2,5%) ya que tienen un alto contenido de pectinas (1-1,5%). La fibra dietética corresponde a todos los carbohidratos vegetales no digeribles además de la lignina. Junto con

ayudar a regular el tránsito intestinal, las fibras son conocidas por inhibir la absorción de colesterol al nivel del intestino delgado. Además, gran parte de las fibras solubles son metabolizadas en nuestro colon por los billones de bacterias que allí viven. Esta comunidad, conocida como “microbiota intestinal”, es crucial para el buen funcionamiento de todo el organismo, y alteraciones que se puedan presentar en ella han sido relacionadas incluso con cambios neurológicos y de comportamiento, muy alejados conceptualmente del tracto intestinal, tales como la depresión (Cheung et al., 2019) o la enfermedad de Parkinson (Petrov et al., 2017). Existen ciertos tipos de fibras de cadena corta y conocidas como oligosacáridos, que aportan a la salud humana mediante el favorecimiento de especies benéficas de la microbiota intestinal, es decir, son sustancias con actividad “prebiótica”. En un estudio llevado a cabo en la Universidad de Macedonia, donde se comparó el contenido de oligosacáridos en 32 frutas y 41 vegetales, se determinó que la fruta con mayor contenido de oligosacáridos es la nectarina, con un total de 890 miligramos por cada 100 gramos de fruta (Jovanovic-Malinovska, et al., 2014). Como se mencionó anteriormente, estos oligosacáridos están constituidos por fructosa y toman el nombre de fructo-oligosacáridos (FOS). En consecuencia, existe evidencia que las nectarinas tienen una excelente calidad prebiótica, dada su composición de carbohidratos y fibras. Sin embargo, se necesitan más estudios exploratorios del contenido de estos oligosacáridos y otros azúcares con actividad beneficiosa para la salud, por ejemplo, comparando entre las distintas variedades de estos frutales, con el objetivo de incluir estas características en futuros esquemas de mejoramiento genético.

Carotenoides y provitamina A

Un importante criterio para clasificar las variedades de durazno y nectarina es el color de su pulpa, que puede ser blanca o amarilla. También existen los duraznos de pulpa roja (conocidos popularmente en Chile como “duraznos betarraga”), de los cuales se hablará más adelante. La diferencia de color de pulpa amarilla y blanca ocurre porque en los duraznos de pulpa amarilla se acumulan unos pigmentos llamados carotenoides (de color amarillo), a diferencia de los duraznos de pulpa blanca, donde estos pigmentos están ausentes. En las variedades de pulpa blanca, los

carotenoides son completamente degradados por la acción de una enzima llamada *ccd4* (por *carotenoid cleavage dioxygenase 4*) (Adami et al., 2013). En consecuencia, las variedades en las que *ccd4* está inactiva, lucen en su pulpa un color amarillo conferido por los carotenoides, los mismos que les dan el color anaranjado a las zanahorias, zapallos, mangos y papayas, y el color rojo a los tomates, entre otros ejemplos. Otro dato interesante respecto de este punto es que el producto de la degradación de los carotenoides en estos frutos corresponde a un compuesto volátil llamado beta-ionona, que justamente es uno de los responsables del aroma característico de duraznos y nectarinas de pulpa blanca.

Los carotenoides están presentes en estos frutos, así como en todo el reino vegetal ya que cumplen con la labor de complementar la función de la clorofila, recibiendo una parte de la luz solar que esta última no es capaz de captar, para convertirla en energía química. Además de ser importantes en la generación de energía en las plantas, los carotenoides delinear la diversidad de colores y perfumes de pulpa de duraznos y nectarinas, con la importancia comercial que este rasgo implica.

Desde el punto de vista de la nutrición, el contenido de carotenoides les confiere a estos frutos un aumento en su capacidad antioxidante. En el caso de los duraznos y nectarinas, éstos llegan a acumular hasta 4 miligramos de beta-caroteno (equivalentes) por cada 100 gramos de fruta fresca, casi 20 veces menos que el contenido encontrado en algunas variedades de zanahoria (Dias et al., 2021). Junto con el beta-caroteno, otros carotenoides que se encuentran en los duraznos de pulpa amarilla son la zeaxantina y la beta-criptoxantina. Si bien los duraznos de pulpa amarilla no son la fuente más abundante de carotenoides de los alimentos vegetales, éstos compuestos presentan una característica crucial para poder cumplir con su función antioxidante en nuestro organismo, y es que se pueden absorber en nuestro intestino delgado de manera mucho más eficiente que otros compuestos. Esta mayor capacidad de absorción está dada por su naturaleza química, que los hace ser más afines a las sustancias grasas que a las acuosas, es decir, los carotenoides son lipo-solubles, lo que hace que se puedan asociar más fácilmente a las membranas celulares de las células del intestino

(que están compuestas de lípidos), encargadas de la absorción de nutrientes desde los alimentos digeridos.

Los beneficios para la salud de los carotenoides son variados. Sin embargo, una de las funciones más conocidas de estos compuestos es que son precursores de la vitamina A, la cual es esencial en nuestro organismo para el crecimiento, la función reproductiva, el correcto funcionamiento del sistema inmunológico y la regulación del ciclo de división celular (proceso que al fallar puede causar cáncer). También da lugar al retinal, pigmento activo central en la visión, que permite una correcta captación de la luz en las células de la retina. Por lo tanto, una deficiencia en su ingesta puede resultar en xeroftalmia (ceguera). El consumo de carotenoides, por otra parte, puede corregir estos problemas, así como otros problemas oftálmicos como inflamación ocular por kerato-conjuntivitis. La ingesta dietética de antioxidantes y su correlación con la degeneración del tejido macular fue investigada por el *National Institute of Health* (NIH, USA) (Seddon et al., 1994), donde se encontró que una mayor ingesta de los carotenoides luteína y zeaxantina se relacionaba de manera directa con una reducción del riesgo de degeneración de la retina.

Antioxidantes por excelencia: compuestos fenólicos y flavonoides en durazno y nectarina

Los compuestos fenólicos son sustancias que las plantas producen de manera natural para protegerse ante adversidades ambientales, como el ataque de patógenos o exceso de radiación UV, estrés por temperatura y sequía, entre otros. Además, algunos miembros de esta gran familia son responsables del color rojo, violeta y azul que poseen algunas flores y frutos, como es el caso de las antocianinas, que corresponden a flavonoides muy abundantes en la pulpa de duraznos y nectarinas de pulpa roja, y que son responsables de la alta actividad antioxidante de estas variedades. Desde el punto de vista organoléptico, algunos compuestos fenólicos que están presentes frecuentemente en duraznos y nectarinas como el ácido clorogénico y el ácido neoclorogénico, aportan una leve acidez y amargor, sobre todo en la piel de estos frutos donde estos compuestos son mucho más abundantes. Además, estos ácidos

fenólicos han sido relacionados con la resistencia a algunos hongos que causan pudrición de frutos en poscosecha (por ejemplo, *Monilinia fructicola*). Otros compuestos fenólicos son responsables de la astringencia (la sensación táctil de sequedad o aspereza en la boca, como cuando comemos un caqui), como es el caso de los flavan-3-oles, como la catequina o la epicatequina, que al unirse en cadenas forman a las procianidinas y a los taninos. Estos últimos compuestos, en conjunto con flavonoles como la rutina o la quercitina se asocian con problemas de calidad como la generación del pardeamiento (aparición de zonas con color marrón en el fruto) como resultado de almacenamiento en bajas temperaturas. Por lo tanto, esta gran familia de compuestos tiene una gran importancia para las características sensoriales como para algunos aspectos de la producción y poscosecha de duraznos y nectarinas.

No obstante, junto con las propiedades anteriormente nombradas, los compuestos fenólicos entregan beneficios a la salud de sus consumidores. Recientemente estas sustancias han tomado una gran importancia, ya que gracias a su estructura química entregan a los alimentos de origen vegetal la capacidad de prevenir ECNTs y algunos tipos de cáncer, entre otros efectos beneficiosos para la salud. Uno de los efectos más conocidos de estos compuestos es su actividad antioxidante, la que consiste en atrapar y anular moléculas llamadas radicales libres. Los radicales libres son capaces de deteriorar algunos tejidos de nuestro organismo, desencadenando las patologías anteriormente señaladas y que se generan a partir de dietas ricas en azúcares simples y grasas saturadas y sedentarismo, entre otras.

Después de la ciruela, el durazno y la nectarina exhiben la mayor actividad antioxidante de los frutales de carozo. En un estudio del Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos de la Universidad de Chile (INTA) (Speisky et al., 2012), en el que se comparó la actividad antioxidante y el contenido total de compuestos fenólicos en 27 especies de frutas comerciales y nativas chilenas, duraznos 'Zee Lady' fueron rankeados en el 15° lugar (con alrededor de 200 mg de fenoles totales por cada 100 gramos de fruto fresco), mientras que la nectarina de pulpa blanca ocupó el 20° lugar. Cabe señalar que entre los competidores del durazno y nectarina, en este estudio, se encontraban algunos

frutos silvestres andinos y patagónicos, conocidos por tener enormes capacidades antioxidantes, pero lejos de tener las características de comerciabilidad que tienen los frutales de carozo, como lo son el calafate, el maqui y la chirimoya. Por otra parte, y tomando en cuenta sólo a las especies de la familia Rosácea, el durazno ocupa el 5° lugar después de la mora, ciruela, frambuesa y cereza. Existen muchos estudios en los cuales se ha estimado la cantidad de compuestos fenólicos en variedades de durazno y nectarina de pulpa amarilla y blanca, donde se ha determinado que el contenido típico de compuestos fenólicos en esta especie está en un rango que va entre los 190 y los 250 mg por cada 100 g de fruta fresca (Vizzotto et al., 2007). Cabe señalar que los frutos de esta especie se han identificado alrededor de 40 compuestos fenólicos.



Efectos beneficiosos para la salud de duraznos y nectarinas

Ya se ha mencionado que la actividad antioxidante de los duraznos y nectarinas se debe principalmente a la presencia de alrededor de 40 compuestos fenólicos que han sido identificados en estos frutos, que incluye a las subfamilias de compuestos ya mencionadas: ácidos fenólicos, flavan-3-oles (que dan lugar a las procianidinas), antocianinas y flavonoles. Estos compuestos, junto con exhibir una alta actividad antioxidante que se traduce en un efecto protector ante los radicales libres, son capaces de interactuar con diversos

componentes celulares en distintos tejidos del organismo, para dar lugar a una serie de efectos beneficiosos para la salud.

La diabetes, una ECNT considerada como resultado del estilo de vida, es una amenaza cada vez mayor a nivel global con una gran parte del gasto público en salud dedicado a combatirla. Un modo para reducir su impacto es el consumo de frutas frescas como los duraznos y nectarinas. Una de las propiedades de los compuestos fenólicos presentes en estos frutos es su efecto anti-diabético, al disminuir la absorción de azúcares en el intestino. Esto ayudaría a evitar un aumento del índice glicémico luego de la ingesta de alimentos ricos en carbohidratos de cadena larga como el almidón, presente en las papas y en los productos a base de harinas. Al ser ingeridos, el almidón debe ser digerido por enzimas presentes en la saliva y de jugos intestinales. Estas enzimas, llamadas α -amilasas, se encargan de "cortar" la cadena de azúcares que forma al almidón, reduciéndolo a los eslabones que lo conforman (glucosa), el cual es absorbido a nivel intestinal, aumentando el índice glicémico. Algunos flavan-3-oles como la catequina o epicatequina son capaces de inhibir las α -amilasas presentes en la saliva y en las secreciones intestinales, disminuyendo el nivel de digestión de carbohidratos en alrededor de un 40%. Este efecto podría ayudar a personas que presentan patologías como la diabetes, a quienes una disminución en la absorción de glucosa u otros azúcares simples podría ayudar en la estabilidad de su índice glicémico. Otros compuestos como el ácido elágico, presente en la pulpa y piel de duraznos y nectarinas, tendría una actividad anti-diabetes al estimular el crecimiento y multiplicación de las células que secretan la insulina (células β pancreáticas), aumentando la actividad antioxidante y disminuyendo el índice glicémico, mediante el aumento de los niveles de insulina en el plasma sanguíneo.

Otro importante efecto de los compuestos presentes en duraznos y nectarinas es el anticancerígeno. Una serie de estudios realizados en la Universidad de Texas A&M ha revelado efectos anticancerígenos por parte de extractos de compuestos fenólicos en durazno 'Rich Lady'. En primer lugar, los investigadores demostraron que los extractos de duraznos ricos en ácido clorogénico y neoclorogénico podían detener el crecimiento e

incluso inducir la muerte celular de ciertas líneas celulares de cáncer de mama (línea MDA-MB-435), sin tener efectos negativos para células sanas de tejido mamario (línea MCF-10A). Unos años más tarde, el mismo grupo de investigadores reportó un estudio en ratones de laboratorio, que mostró que la administración en la dieta del extracto fenólico de 'Rich Lady' disminuyó significativamente el establecimiento de tumores mamarios, así como los niveles de metástasis a nivel de tejido pulmonar. Simulando una administración en humanos a través del consumo de estos duraznos, los investigadores estimaron que, para disminuir el riesgo de metástasis o ramificación del tumor a otros tejidos, las pacientes diagnosticadas en fases primarias de cáncer debieran acompañar las terapias recomendadas con el consumo de dos a tres duraznos al día (Noratto et al., 2013).

Existen otros estudios en los que se han sugerido efectos beneficiosos por el consumo de duraznos y nectarinas, por ejemplo: la capacidad antiinflamatoria de extractos de durazno mediante el bloqueo de la producción de moléculas mediadoras de la respuesta inflamatoria llamadas citoquinas (Gasparottoi et al., 2014); prevención de enfermedades cardiovasculares por la inhibición del factor de hipertensión angiotensina II, a través del consumo de extractos de durazno (Kono et al., 2013); y la potencial capacidad del consumo de jugo de durazno para disminuir el avance de la enfermedad de Alzheimer, mediante la inhibición de las colinesterasas, asociadas con la detención del impulso nervioso a nivel cerebral (Szwajgier et al., 2012).

Duraznos de pulpa roja o "betarraga"

En el antes citado estudio del INTA (Speisky et al., 2012), no se incluyó al "durazno betarraga", ecotipo muy tradicional en huertos caseros de la zona centro-sur de Chile y también presentes en el germoplasma tradicional de España, Italia y Francia. Estos ecotipos se caracterizan por tener un contenido de compuestos fenólicos (particularmente antocianinas de color rojo intenso) similar a la ciruela de pulpa roja. Los "duraznos betarragas" tienen un contenido de fenoles totales que va entre los 270 y 524 miligramos por cada 100 gramos de fruto fresco, e incluso se han reportado selecciones con hasta 1.260 miligramos por cada 100 gramos de fruta, que

está en el orden de las variedades de carozos con mayor contenido de estos compuestos, como la ciruela australiana 'Queen Garnet' (Vizzotto et al., 2007; Bobrich et al., 2014). En general, las variedades de pulpa roja de duraznos y nectarinas han sido poco explotadas desde el punto de vista del mejoramiento genético. Los "duraznos betarraga" corresponden a materiales vegetales que han sido propagados por semillas, sin haber sido generados en los programas de mejora genética frutal. El problema de estos materiales es que en muchos casos la calidad organoléptica, la productividad o el potencial de poscosecha está muy por debajo del nivel comercial moderno.

La comercialización de este tipo de variedades que podrían ser atractivas del punto de vista nutracéutico o promotor de la salud, está en una etapa inicial. A modo de ejemplo, en Europa se han lanzado algunas variedades de nectarinas de pulpa roja, como la francesa 'Nectavigne'®, y que corresponde a una marca cuyo concepto apunta a los sabores tradicionales o "vintage" de las variedades antiguas caracterizadas por el alto aroma y acidez y dulzor moderado. En la zona central-sur de Chile se han establecido recientemente campos de producción de selecciones de "duraznero betarraga", con un alto nivel de compuestos antioxidantes, cuya producción se destina para conservas y secado de los frutos (Prieto, 2017). En consecuencia, un nuevo desafío para los programas de mejora genética de duraznos y nectarinas, podría ser la generación de variedades que, además de desarrollar un intenso color rojo en su pulpa asociado a un alto contenido de antocianinas y otros compuestos fenólicos beneficiosos para la salud, tengan una excelente calidad sensorial y potencial de poscosecha.

Mejora genética y capacidad promotora de la salud en durazno y nectarina

El mejoramiento genético de una característica cualquiera depende de la existencia de diversidad genética asociada a ese rasgo. En ciertos estudios (Vizzotto et al., 2007) se demuestra la existencia de una gran variabilidad en el contenido de compuestos con actividad antioxidante y capacidad promotora de la salud entre las distintas variedades de duraznos y nectarinas. Si el aumento de la capacidad nutracéutica en una nueva variedad implicara efectivamente un aumento en la preferencia

de su consumo, estaríamos frente a una gran oportunidad de generar productos agrícolas novedosos y de impacto positivo para la salud de la población. Para esto se debe estudiar los aspectos genéticos concernientes al contenido de sustancias saludables en frutos de esta especie, como por ejemplo los compuestos fenólicos (antioxidantes), compuestos oligosacáridos (prebióticos) y carotenoides, entre otros, para posteriormente generar herramientas de selección que permitan que el proceso de generación de variedades sea más eficiente. La exploración del contenido de compuestos fenólicos en la colección de germoplasma del programa que se lleva a cabo en colaboración con el INTA de la Universidad de Chile, tiene como objetivo a mediano plazo poder dilucidar aquellos genes que son más importantes en la generación de un alto contenido de ácidos fenólicos, procianidinas, flavonoles, antocianinas y otros compuestos fenólicos con potenciales efectos funcionales.

Sin embargo, se debe considerar que un alto contenido de compuestos nutracéuticos en la fruta no garantiza necesariamente un efecto promotor de la salud en quien la consume. Antes de que los nutrientes o fitocompuestos lleguen a los tejidos donde ejercerán sus efectos, al estar contenidos en una matriz alimentaria compleja, luego de ingeridos deben enfrentar drásticos cambios de ambiente, dados por las distintas características físicas y bioquímicas de los compartimientos del tracto gastrointestinal, las cuales pueden degradar gran parte de la cantidad inicial de fitocompuestos. De forma adicional a esta eventual degradación, la fracción de compuestos que queda disponible para su absorción en el intestino delgado (llamada también fracción bioaccessible), luego de ser asimilada, es sujeta a modificaciones químicas por parte de las mismas células intestinales y las células del hígado, quedando biodisponibles en el torrente sanguíneo muy frecuentemente en una forma distinta a la inicialmente ingerida. Por último, estas sustancias son excretadas en las primeras 2 a 3 horas posteriores a la ingesta, teniendo muy poco tiempo para llegar a las células, donde cumplirán su función. De este modo, si bien una gran cantidad de fitocompuestos es un indicativo de la potencial actividad beneficiosa para la salud, es necesario también estudiar los efectos de la digestión, y absorción en la actividad intracelular



de estos compuestos. Estos aspectos están siendo investigados actualmente, disponiéndose de resultados preliminares que indican que la bioaccesibilidad de un compuesto determinado,

no es necesariamente proporcional a la cantidad inicial que este compuesto tiene en la fruta, sino que depende de factores que están dados por la variedad, y por ende tendrían un fuerte componente genético.

Conclusiones

El estudio de las capacidades promotoras de la salud en las distintas variedades de duraznos y nectarinas ha abierto la puerta para generar conocimiento útil en el diseño de nuevas variedades con características nutricionales mejoradas. Se espera, en los próximos años, llevar a la práctica tales conocimientos para poder contribuir a una mejora en la salud de la población a través de nuevas variedades de durazno y nectarina.

Literatura Citada

- Adami, M., De Franceschi, P., Brandi, F., Liverani, A., Giovannini, D., Rosati, C., Dondini, L. and Tartarini, S. 2013. Identifying a Carotenoid Cleavage Dioxygenase (*ccd4*) Gene Controlling Yellow/White Fruit Flesh Color of Peach. *Plant Molecular Biology Reporter* 31, 1166-1175.
- Bobrich, A., Fanning, K., Rychlik, M., Rusell, D., Topp, B. and Netzel, M. 2014. Phytochemicals in Japanese plums: impact of maturity and bioaccessibility. *Food Research International* 65, 20-26.
- Boyd, O., Weng, P., Sun, X., Alberico, T., Laslo, M., Obenland, D., Kern, B. and Zou S. 2011. Nectarine promotes longevity in *Drosophila melanogaster*. *Free Radic Biol Med* 50, 1669-1678.
- Cheung, S., Goldenthal, A., Uhlemann, A., Mann, J., Miller, J. and Sublete, M. 2019. Systematic Review of Gut Microbiota and Major Depression. *Frontiers in Psychiatry* 10, 17.
- Días, M., Borge, G., Kljak, K., Mandić, A., Mapelli-Brahm, P., Olmedilla-Alonso, B., Pintea, A., Ravasco, F., Šaponjac, V., Sereikaitė, J., Vargas-Murga, L., Vulić, J. and Meléndez-Martínez, A. 2021. European Database of Carotenoid Levels in Foods. Factors Affecting Carotenoid Content. *Foods* 10, no. 5: 912.
- Faust, M. and Timon, B. 1995. *Origin and Dissemination of Peach*. *Horticultural Reviews*. Edited by J. Jannick. Vol. 17. New York, USA: Wiley & Sons, Inc.
- Gasparottoi, J., Somensi, J., Bortolin, R., Moresco, K., Girardi, C., Klafke, K., Rabelo, T., Morrone, M., Vizzotto, M., Raseira, M., Moreira, J. and Gelcain, D. 2014. Effects of Different Products of Peach (*Prunus Persica* L. Batsch) from a Variety Developed in Southern Brazil on Oxidative Stress and Inflammatory Parameters in Vitro and Ex Vivo. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition* 55, no. 2: 110-19.
- Jovanovic-Malinovska, R., Kuzmanova, S. and Winkelhausen, E. 2014. Oligosaccharide profile in fruits and vegetables as sources of prebiotics and functional foods. *International Journal of Food Properties* 17, 949-965.
- Kono, R., Okuno, Y., Nakamura, M., Inada, K., Tokuda, A., Yamashita, M., Hidaka, R. and Utsunomiya, H. 2013. Peach (*Prunus Persica*) Extract Inhibits Angiotensin II-Induced Signal Transduction in Vascular Smooth Muscle Cells. *Food Chemistry* 139, no. 1-4: 371-76.
- Noratto, G., Porter, W., Byrne, D., Cisneros-Zevallos, L. 2014. Polyphenolics from peach (*Prunus persica* var. Rich Lady) inhibit tumor growth and metastasis of MDA-MB-435 breast cancer cells in vivo. *Journal of Nutritional Biochemistry* 25, 796-800.
- Petrov, V., Saltykova, I., Zhukova, I., Alifirova, V., Zhukova, N., Dorofeeva, Y., Tyakht, A., Kovarsky, B., Alekseev, D., Kostryukova, E., Mironova, Y., Izhboldina, O., Nikitina, M., Perevozchikova, T., Fait, E., Babenko, V., Vakhitova, M., Govorun, V. and Sazonov, A. 2017. Analysis of Gut Microbiota in Patients with Parkinson's Disease. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine* 162, 734-737.
- Prieto, F. 2017. El Durazno Morado, Un Nuevo Producto Para Chile. *Economía y Negocios Online*. (El Mercurio, Santiago, Chile). <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=398116>.

Seddon, J, Ajani, U, Sperduto, R, Hiller, R, Blair, N, Burton, T, Farber, M, Gragoudas, E, Haller, J, Miller, D, Yannuzzi, L and Willett, W. 1994. Dietary Carotenoids, Vitamin-a, Vitamin-C, and Vitamin-E, and Advanced Age-Related Macular Degeneration. *Jama-Journal of the American Medical Association* 272, no.18: 1413-20.

Speisky, H, López-Alarcón, C, Gómez, M, Fuentes, J and Sandoval-Acuña, C. 2012. First web-based database on total phenolics and oxygen radical absorbance capacity (ORAC) of fruits produced and consumed within the south andes region of South America. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60, 8851-8859.

Szwajgier, D. and Borowiec, K. 2012. Screening for cholinesterase inhibitors in selected fruits and vegetables. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* 15, N°3.

Vizzotto, M, Cisneros-Zevallos, L, Byrne, D, Ramming, D. and Okie, W. 2007. Large variation found in the phytochemical and antioxidant activity of peach and plum germplasm. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 132, 334-340.

WHO. 2021. Noncommunicable Diseases in Facts Sheet, Accessed June 29, 2021, 2021. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>.WHO,

Willett, W, Rockstrom, J, Loken, B, Springmann, M, Lang, T, Vermeulen, S, Garnett, T, Tilman, D, DeClerck, F, Wood, A, Jonell, M, Clark, M, Gordon, L, Fanzo, J, Hawkes, C, Zurayk, R, Rivera, J, De Vries, W, Sibanda, L, Afshin, A, Chaudhary, A, Herrero, M, Agustina, R, Branca, F, Lartey, A, Fan, S, Crona, B, Fox, E, Bignet, V, Troell, M, Lindahl, T, Singh, S, Cornell, S, Reddy, K, Narain, S, Nishtar, S. and Murray, C. 2019. Food in the Anthropocene: The Eat-Lancet Commission on Healthy Diets from Sustainable Food Systems. *Lancet* 393, no. 10170: 447-92.



El desafío de diferenciar productos frutales en el mercado: Analizando el caso de las Nectarinas

Rodrigo Uribe

Facultad de Economía y Negocios
Universidad de Chile

Introducción

¿Cómo es la forma en que tradicionalmente encontramos a los duraznos y a las nectarinas en los mercados, ferias o supermercados? Generalmente están exhibidos en grandes cajas o mesones, identificados solo por el nombre de la fruta y en algunos casos de una macrovariedad genérica (en Chile, por ejemplo, “duraznos pelados” para referirse a las nectarinas y “duraznos peludos” para referirse propiamente a los duraznos). En ese sentido, salta a la vista que –más allá de las diferencias que los productores puedan poseer en términos de variedades– existen escasos elementos diferenciadores de estas variedades en la percepción de las personas que los compran para el consumo final. Derivado de eso, su adquisición por estas personas posee una dosis importante de azar o riesgo, ya que quien los compra lo hace sin saber a priori, con un grado importante de certeza, las reales cualidades organolépticas de los productos adquiridos.

En este contexto, los duraznos y nectarinas, al ser ofrecidos al público final como productos escasamente diferenciados y sin mayores características distintivas y comercializables, difícilmente capturan la totalidad de la disposición al pago existente y terminan compitiendo entre sí en función primariamente de su menor precio y, secundariamente, de la fidelidad que exista con el lugar de compra. Si bien se podría decir que esta situación es propia de las frutas (y de muchos productos frescos) donde lo tradicional es observar un alta “comoditización” de la oferta, es importante señalar que en el mundo se encuentran interesantes experiencias que demuestran que este fenómeno no es necesariamente algo inherente al mercado frutícola. Por ejemplo, en manzana, kiwi y ahora recientemente en ciruela, existen casos notables que muestran la posibilidad real de “descomoditizar” la oferta a través de variedades que son reconocidas como tales en el punto de venta y alcanzar precios por sobre el mismo producto vendido como genérico.

Es importante tener en cuenta que la “comoditización” observada en muchos de los productos agrícolas no es un asunto solo de voluntad de quien los comercializa. Este



problema está asentado en diversos elementos de la producción y comercialización de este tipo de productos (Crawford, 1997). Estos incluyen aspectos tales como la carencia de métodos de producción estandarizados, formas de venta muy primarias y la ausencia del trabajo sistemático en elementos diferenciales que los consumidores y consumidoras puedan identificar en el punto de venta. Por ello, romper este ciclo de "comoditización" requiere de un trabajo estratégico basado en varios pilares, entre los que se encuentran investigación en desarrollo de nuevas variedades, formas de producción que garanticen un producto con buena calidad en la cosecha y poscosecha, así como el desarrollo y comunicación de ventajas competitivas basadas en las necesidades y elementos valorados por las personas que consumen estos productos.

En este sentido, este capítulo busca examinar los desafíos centrales que impone la tarea de diferenciar variedades de durazno y nectarina. La primera parte examina las bases de una diferenciación de frutas en general, lo cual debería hacerse en función de un producto estable en el tiempo, sumado a una estrategia de

diferenciación (en base a atributos funcionales, a atributos emocionales, al canal de distribución o a servicios adicionales) y a un adecuado proceso de *namining* y explotación comercial de éste. Tomando esos elementos, la segunda parte evalúa las posibilidades y/o vías potenciales de desarrollo de una diferenciación para el caso de una variedad de nectarina.

Bases para diferenciar una variedad agrícola

En términos generales, una estrategia de diferenciación tiene como meta lograr que un producto o servicio sea percibido como único y original, junto con ser difícil de imitar o igualar por parte de la competencia. Ello siempre está basado en una dosis importante de investigación y desarrollo (I+D) e investigación de mercados, lo cual debería permitir ofrecer de modo sistemático un producto singular, superior, y que genere valor a quien se le ofrece. Para ello, en el caso de una variedad agrícola, se deben sortear al menos tres grandes desafíos: ofrecer un producto regular en el tiempo, trabajar una fuente de diferenciación y desarrollar una estrategia de *namining* (Figura 1).



Figura 1. Pasos fundamentales en la diferenciación de una variedad agrícola.

Un producto regular en el tiempo

Una de las grandes limitaciones de los productos frescos, donde se encuentran las frutas y verduras, es la baja estandarización de la oferta. Si se mira un bien producido industrialmente como un pantalón, un aparato de TV, o incluso alimentos como bebidas gaseosas, galletas o chocolates, la entrega que se realiza a las personas es bastante o totalmente estable y predecible en el tiempo. Es decir, si una persona compra uno de esos productos hoy o en una semana, o en diversos puntos de distribución, existe alta (o total) homogeneidad en lo que recibe,

lo cual –a través sobre todo de la marca– disminuye el riesgo del proceso decisorio e incrementa la disposición al pago.

En ese sentido, un primer gran desafío al que enfrenta una fruta que se desea diferenciar de la producción a granel, es que debe ofrecer un producto suficientemente estandarizado en el tiempo. Dicho de otro modo, que la fruta sea percibida por sus consumidores y compradoras con una calidad consistente en la compra y recompra del producto (Heiman et al., 2001). Es por ello, que el desarrollo de paquetes tecnológico-productivos

y procesos estandarizados se transforma en una primera barrera. Si bien los productos frescos poseen por definición una variabilidad mayor a productos industriales, el lograr que una fruta sea percibida como una entrega suficientemente consistente en aquellos atributos fundamentales es esencial. Esto implica una larga y alta inversión en mejoramiento genético, en manejo del huerto y en procesos productivos, lo cual debería traducirse en un producto con una calidad estable, tanto al momento de la cosecha misma como durante la poscosecha.

Una estrategia de diferenciación para la variedad

Un producto suficientemente regular en el tiempo es carente de valor si no está anclado en la percepción de los y las consumidoras en asociaciones con cualidades que sean reconocidas como relevantes. De hecho, todos los casos de éxito en el ámbito de la fruta -como de otras categorías de producto- muestran que la variedad debe estar asociada a ciertos elementos positivos que sean capaces no solo de diferenciar, sino también de atraer la preferencia de los y las consumidoras. En términos generales, la literatura destaca que dicha diferenciación puede venir por diversas vías. Una buena forma de entender las posibles formas de diferenciación es propuesta por Kotler y Keller (2015), quienes señalan que existen cuatro fuentes principales de diferenciación, las cuales incluyen (Figura 2):

- (1) El producto mismo, referido en este caso principalmente a los atributos funcionales de la variedad de fruta como son su sabor, su color, su calidad, su jugosidad o la crocancia que posee;
- (2) La imagen, que refiere principalmente a atributos intangibles proyectados por una variedad de fruta como son su asociación con una vida saludable, el estatus/elegancia que proyecta su consumo, el ser una fruta exótica o el carácter infantil vinculado a su consumo, etc.;
- (3) El canal por el que se distribuye la fruta y por el cuál llega a el o la usuaria final. En este caso, se puede generar diferenciación al vender por ejemplo por el canal digital, o a través de fruterías especializadas; y
- (4) El servicio adicional que se brinda al producto, por ejemplo, vendiendo el producto envasado, o desarrollando una página que cuenta con recetas

para preparar la fruta.

El uso de una o varias de estas estrategias de diferenciación debiese ayudar a que la variedad frutal quede asociada a ciertos atributos que deben poseer como requisitos fundamentales, ser identificada como un producto distinto y valorado por los segmentos a los que se decide dirigir el producto.

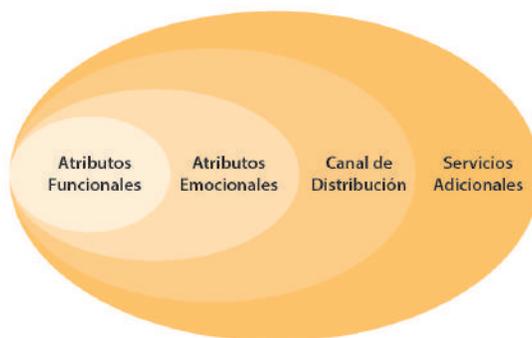


Figura 2. Fuentes de diferenciación posibles para una fruta (basado en Kotler y Keller, 2015).

Un nombre de variedad como elemento identificador

Asumiendo que es posible tener un producto con una entrega que posee niveles suficientes de estabilidad en el tiempo, y que dichos elementos (atributos) son reconocidos y valorados por las y los usuarios, un tercer elemento en la diferenciación de un producto agrícola (y de un producto en general en cualquier mercado) tiene como condición necesaria la existencia de una denominación. Esta tiene como función principal distinguir nominalmente una variedad de fruta de otras variedades similares de la misma fruta o de otras que se consumen de modo sustitutivo y capturar el valor que posee el producto. La importancia de tener un nombre (y un buen nombre) para la variedad que se desea desarrollar es fundamental. Ello actúa como un identificador que permitirá a las personas reconocer y solicitar esa variedad, así como asociarla con ciertos atributos específicos y valorados. Con ello, una fruta deja de ser llamada meramente como damasco, manzana o nectarina genérica en el supermercado o frutería donde

se dirija la persona a comprar el producto y va a pasar a ser un producto con una denominación distinguible y, por tanto, potencialmente preferido gracias a esa especificidad (por ejemplo, una manzana 'Pink Lady'®, una palta 'Hass' o un kiwi 'Oscar'®).

La denominación de variedades en la industria de la fruta tiene como objetivo primario poseer un nombre reconocido y valorado por las y los consumidores a través de diversos mercados, lo que se traduce primariamente en diferenciación y fidelidad. Esta denominación puede ser usada a través de dos formatos diferentes. El primero de ellos se refiere a la creación, desarrollo y denominación de una variedad, dejando su cultivo y uso libre (por ejemplo, las variedades 'Granny Smith' y 'Braeburn' en manzanas), lo que implica que cualquier productor potencialmente puede cultivar y comercializar esa variedad. En ese sentido, el nombre de la variedad actúa sólo como un identificador del producto, señalándole a la persona compradora que no es, por ejemplo, una manzana genérica, sino que una con ciertas características particulares (intrínsecas y/o extrínsecas). La segunda forma de uso de los nombres de variedad, que es la más empleada en la actualidad en las nuevas variedades, es a través del modelo denominado Variedades Club (*Club Varieties* en inglés). En este modelo, un nombre de variedad no sólo se emplea para diferenciarlo fonéticamente, sino que además el nombre se registra y usa comercialmente por parte de quienes desarrollaron la variedad (como es el caso de manzanas 'Jazz'®, 'SweeTango'®, 'Pink Lady'®, 'Kanzi'®, o de la ciruela 'Purple Honey'®). En función de esto último, su cultivo y comercialización deja de ser libre, y requiere de la autorización por parte de

quien posea los derechos legales (licencia) sobre la variedad, quien puede cobrar por ello, además de tener injerencia en diversos asuntos comerciales, como son las cuotas de plantación y/o la cantidad de productores/ofertantes.

Cuando la variedad se gestiona bajo la segunda modalidad (sumado a un paquete tecnológico), es que actúa como una verdadera marca, en el sentido propio de marketing. En esta perspectiva, la marca se entiende como un elemento, generalmente una palabra (pero puede ser una imagen), un grupo de ellas o un acrónimo, que permite a las y los clientes denominar y diferenciar un producto de otros productos en el mercado (Keller, 2003). En este sentido, el nombre, junto con el logotipo, el isotipo, entre otros, son los componentes esenciales de esta 'marca' en tanto elemento auditivo y/o visual. Consecuentemente, una variedad protegida comercialmente bajo este modelo de operación busca, como toda marca, no solo facilitar la identificación/ diferenciación del producto y alcanzar la fidelidad de los consumidores, sino también persigue directamente objetivos más importantes desde una perspectiva comercial, como son obtener mejores precios (capturar plenamente la disposición al pago por parte de los y las consumidoras) y/o controlar cuotas de mercado de una determinada fruta.

Ejemplos de diferenciación en el mundo de la fruta

Mirado bajo esa perspectiva de diferenciación, la experiencia muestra que el uso de atributos del producto mismo representa la forma primaria y más común de diferenciación trabajada por las variedades de fruta que han logrado "descomoditizarse". Estos atributos, principalmente organolépticos, son complementados con otros de imagen y, muy secundariamente, con servicios adicionales o estrategias de canal de distribución.

Un ejemplo de lo anterior se encuentra en las manzanas producidas bajo la marca 'Pink Lady'®, la que se desarrolló basada en la variedad 'Crispp Pink' (cruzamiento entre 'Golden Delicious' y 'Lady William'). Junto a un



proceso productivo con procedimientos definidos, la estabilidad de la entrega de la manzana 'Pink Lady'® se complementa con estándares de calidad claros, lo cuales se refieren principalmente a una firmeza de promedio mínimo (6,6 kg), °Brix establecidos (13% o superior), y niveles de color (60% en Asia y 40% en el resto del mundo). De esta forma se asegura un sabor diferente, así como una textura y apariencia relativamente consistentes en todo el mundo. Sin embargo, este desarrollo no está cimentado solo en atributos funcionales. En este sentido, es que la segunda fuente de valor para 'Pink Lady'®, se encuentra en la experiencia de los consumidores finales, los que se basan en elementos de imagen: sentir la satisfacción de comprar el mejor producto, que se está haciendo algo bueno por uno mismo, que se es original al comprar una manzana diferente, y la satisfacción por elegir una fruta sofisticada. Más aún, 'Pink Lady'® busca proyectar como marca ser femenina, joven y con personalidad propia.

Otro ejemplo notable es el caso del kiwi, especie originaria de China y con una evaluación no muy atractiva por su aspecto, esta especie adoptó el nombre de kiwi a finales de los años 50 en homenaje al pájaro nacional de Nueva Zelanda. Luego de décadas produciendo una fruta indiferenciada y compitiendo solo por precio, el *Kiwifruit Marketing Board* neozelandés tomó la opción de desarrollar el programa Zespri. Dado que los productores neozelandeses fallaron en proteger el nombre de la especie "kiwi" (por lo que no podían competir con un producto con nombre propio frente a países como Chile o Italia que poseían una importante producción de esa fruta), decidieron desarrollar una nueva estrategia y nombre de marca: Zespri. Dicha estrategia tenía como pivote el logro de productos que le dieran sustento y valor como un kiwi *Premium*, acompañado por la creación de la marca misma y sus asociaciones. En concreto, la estrategia se basaba en desarrollos de mejoras genéticas que buscaban diferenciarse de los kiwis tradicionales. A nivel funcional, se buscó ser un producto no solo delicioso y listo para ser consumido, sino también mejorar su apariencia. Lo anterior se complementó con el desarrollo progresivo de una oferta de diversas (nuevas) variedades que componían el *range* de producto: Jumbo, Green, SunGold (con el doble de vitamina C), Organic Green y Organic SunGold, las que buscaban ser atractivas de modo

diferencial en ciertos mercados y segmentos de consumidores. En paralelo, Zespri buscó mejorar la percepción de un producto saludable y desarrollar un conjunto de elementos más emocionales que perseguían superar la idea de algo exótico asociado al mundo del kiwi. Para eso la apuesta fue una fruta que se viera propia del placer de la vida, de disfrutar algo delicioso, lo cual es vehiculado comunicacionalmente por dos personajes: Kiwi Brothers (uno de pulpa verde y la otra amarilla) que actuaban como elementos centrales en la comunicación de marca. Su último slogan de campaña fue "atrapa el sabor irresistible", en que buscaba destacar por sobre todo la importancia del delicioso sabor de sus variedades que permiten disfrutar la vida. Recientemente, la marca ha incursionado en diferenciación por el lado de los canales de distribución, desarrollando una geolocalización para encontrar el local más cercano donde hay venta de variedades Zespri, usando la aplicación Waze².

Diferenciar variedades de nectarinas

De acuerdo a Elsadr y Sherif (2016), los duraznos y las nectarinas son la segunda fruta de mayor importancia económica en la Unión Europea (UE) y las más importantes dentro del género *Prunus*. Según Statista (2020), China es el principal productor de esta fruta en el mundo (en torno a los 15 millones de toneladas), seguido de España e Italia (que producen del orden de 2,9 millones de toneladas) y Estados Unidos (un poco más de 900 mil toneladas). Chile se ubica en el octavo lugar de esta lista con cerca de 340 mil toneladas y es, junto a Italia, la que muestra mayor rendimiento por hectárea (20 t*ha⁻¹) (Atlasbig.com, 2020). La producción y cultivo de nectarinas y duraznos es una industria en crecimiento, estando entre las más dinámicas entre los cultivos frutales de zonas templadas, con nuevas variedades siendo lanzadas con bastante frecuencia (Elsadr y Sherif, 2016).

En este escenario de alta producción y demanda de parte de las y los consumidores, y habiendo destacado la importancia que tiene en otras frutas la variedad/marca asociada a una estrategia de diferenciación, al menos a nivel de producto e imagen, la pregunta que viene naturalmente a la mente es respecto de la factibilidad de desarrollar una estrategia de diferenciación en el mundo de las nectarinas.

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=FeqQWUjCaVI>
² <https://www.youtube.com/watch?v=mEUaEVQcdPw>

¿Es posible tener variedades de nectarinas con una entrega de producto estable en el tiempo?

En el mundo actualmente existen cientos de variedades diferentes de nectarinas, las cuales se cultivan libremente en su gran mayoría y que son escasamente diferenciadas por los y las consumidoras. Entre estas se encuentran 'Venus', 'Autumn giant', 'Magique' o 'Andes nec-1', entre otras dentro de las variedades más ampliamente comercializadas. Es interesante observar, que a pesar de existir variedades con nombres, varios de ellos ampliamente reconocidos entre las empresas productoras de fruta, la demanda de parte de las y los consumidores finales tiene poco que ver con esos nombres y más bien gira en torno a atributos organolépticos como es la baja acidez o alto dulzor, la jugosidad o bien pulpas blancas o amarillas.

Lo anterior podría ser entendido como una señal negativa respecto de la posibilidad de generar diferenciación en las nectarinas, y debería desincentivar a la industria a generar nuevas variedades que ofrezcan un producto estable. No obstante, eso no parece ser así. Hoy en día diversos productores en el mundo están altamente interesados en el desarrollo de nuevas variedades y en patentar éstas para ser usadas potencialmente como variedades-marca. La idea central de estos desarrollos es contar con tipos de nectarinas con atributos organolépticos sobresalientes y regulares en el tiempo como color y dulzor, lo cual debe conjugarse con la mayor vida útil de poscosecha posible, principalmente pensando en los mercados lejanos como el asiático. En ese sentido, los programas de mejoramiento genético que actualmente se desarrollan en España, en China, en Sudáfrica, en Estados Unidos, o en Chile, representan solo algunos ejemplos de programas de mejoramiento genético en duraznos y nectarinas, que ya han generado una serie de nuevas variedades patentadas y potencialmente comercializables globalmente. Ello, hace prever que avanzar hacia un mercado de esta fruta que posea variedades con una entrega de producto estable en el tiempo es muy posible en el corto o mediano plazo.

¿Es posible que las y los usuarios perciban una oferta diferenciada de nectarinas?

Como se ha señalado, la experiencia en la



fruta ha mostrado que no basta con la existencia de una variedad de alta calidad, incluso si posee un paquete productivo tecnológico que permita alcanzar suficiente regularidad del producto que se entrega en el punto de venta, ya que ello no garantiza que efectivamente se produzca la tan anhelada diferenciación real en la compra final. Este logro requiere de un paso más: instalar en la percepción del público que se trata de un producto diferente al estándar. Claramente en el logro de una variedad que no sólo sea diferente, sino que sea percibida como tal, es donde está uno de los mayores "cuellos de botella" en la diferenciación de duraznos y nectarinas (y de la fruta en general). Es decir, hoy no existe en esta familia de frutas, un producto que sea percibido como consistente y significativamente diferente al resto de la oferta. Una prueba contundente de lo anterior, tal como lo muestra la Tabla 1, cuando una muestra de personas consumidores de nectarinas y duraznos en Chile evaluaron distintos atributos en su proceso decisional, la "variedad" apareció en el penúltimo lugar de la lista de 16 cualidades importantes para la compra de duraznos y nectarinas, lo cual demuestra que esta característica propia de la diferenciación de un producto aún no existe de modo relevante en esta fruta.

i. Atributos funcionales como fuente de diferenciación de una nectarina.

Respecto de la posibilidad de que esta percepción de diferenciación se base en atributos funcionales en el futuro, es importante partir analizando cuáles son aquellos que los estudios han mostrado ser los más relevantes para las y los consumidores. Tal como se observa en la Tabla 1, los atributos mayormente

valorados a la hora de comprar nectarinas, por consumidores y consumidoras chilenas, son aquellos elementos intrínsecos básicos del producto. Dentro de estos atributos, coexisten tanto algunos de experiencia (que las personas pueden evaluar sólo al probar el producto) como son el sabor, la dulzura y la jugosidad, con otros de búsqueda (que la persona puede evaluar sin necesidad de probar el producto) como son el color externo y el tamaño de la fruta. Por su parte, otros atributos funcionales menos básicos, como el origen, el lugar de compra, el valor nutricional o la empresa exportadora/ distribuidora, aparecen en los últimos lugares del ranking.

La ubicación relativa de dichos atributos tanto entre los más importantes como los de menor relevancia refleja que los duraznos y nectarinas representan un mercado de baja madurez

y donde se buscan, hasta ahora, elementos genéricos más que algunos diferenciales. Es como si en el mercado del automóvil se valorara principalmente que el automóvil fuera confiable y que fuera cómodo, en lugar del diseño, seguridad, la marca, tecnología y conectividad, que son los atributos top en esa industria. Por tanto, lo que se observa en nectarinas y duraznos es la situación propia de los mercados en que existe escasa madurez, ya que están altamente centrados en elementos básicos del producto, con clientes sometidos a una oferta percibida como altamente homogénea y, por tanto, que poseen bajo poder de elección. Es por eso que en el mercado de los automóviles una oferta “comoditizada” no sobrevive y en la de estas frutas, al menos por ahora, pueden subsistir.

Atributo de la nectarina	Posición relativa (promedio)	Desviación Estándar
Sabor (int.) (exper.)	3,3	2,582
Color Externo (int.) (busq.)	4,52	3,048
Tamaño (int.) (busq.)	5,12	2,626
Dulzura (int.) (exper.)	5,21	3,005
Jugosidad (int.) (exper.)	5,39	2,677
Precio (ext.)	5,57	3,733
Forma (int.) (busq.)	6,78	3,105
Firmeza (int.) (busq.)	7,16	3,357
Color Interno (int.) (busq.)	8,72	2,798
Que esté en oferta (ext.)	9,58	3,566
Crujiente (int.) (exper.)	9,64	2,296
Variedad (ext.)	10,91	3,206
Lugar de compra (ext.)	10,91	3,25
Origen (ext.)	12,21	2,374
Empresa exportadora /distribuidora (ext.)	13,34	2,367
Valor nutricional (ext.)	13,37	2,159

Tabla 1. Posición relativa de 16 atributos intrínsecos y extrínsecos en que las personas debían jerarquizar como más importantes a la hora de comprar nectarinas (N=250). Int.= intrínseco; ext.= extrínseco; exper.= experiencia; busq.= búsqueda.



En este escenario, existe un espacio potencial para hacer madurar el mercado de las nectarinas a través de atributos funcionales. Al respecto existen dos grandes opciones. Una de ellas referida a apoderarse de los atributos centrales de la categoría (como lo hacen todos los líderes de mercado), que en este caso son sabor y dulzor (o incluso jugosidad). Dicho de otro modo, es posible ser identificada como una fruta que

entrega sistemáticamente un sabor rico y dulce, acompañado por un tamaño mediano/grande y una apariencia externa con colores rojos/amarillo, lo cual debería llevar a posicionarse como un producto popular y masivo. La otra alternativa es el desarrollo de atributos específicos (como forma, textura o valor nutricional) que, con una buena oferta organoléptica de sabor y dulzor, llevaría a un producto más de nicho, por ejemplo, más exótico.

ii. Atributos de imagen como fuente de diferenciación de una nectarina. Una segunda forma de diferenciación se refiere a los atributos de imagen, también llamados atributos emocionales. Estas son cualidades asociadas al producto, pero que son intangibles, usualmente de tipo psicológico. En ese sentido, estos atributos emocionales están relacionados con cómo las y los consumidores usan un producto o marca para transmitir su propia identidad.

Resultados de un análisis cualitativo con consumidores de duraznos y nectarinas en Chile sobre el valor de atributos emocionales mostró que no existen asociaciones de la fruta con atributos de este tipo. La indagación permitió constatar que elementos como masculino/femenino, juvenil, para deportistas, más nutritivo, infantil, femenino, exótico, etc. están totalmente ausentes de la percepción que existe actualmente de nectarinas y duraznos.

En este panorama es posible plantear que existe espacio para usar atributos emocionales en la diferenciación de las nectarinas, pero que éstos deben ser antes desarrollados como atributos. Dicho de otro modo, son cualidades que requieren un paso extra en comparación con los funcionales: deben ser trabajados (en términos de que las y los consumidores perciban que éstos generen valor) en paralelo a su asociación con alguna variedad. Lo anterior sugiere que los atributos emocionales parecieran, al menos en una primera instancia, ser más útiles como atributos secundarios para diferenciar una nueva variedad, que llegar a ser posibles de usar como el eje central del posicionamiento de una nectarina.

iii. El canal y los servicios adicionales como fuentes de diferenciación de una nectarina.

Finalmente, existe la posibilidad de diferenciar una nueva variedad de nectarina sobre la base del canal de distribución y de los servicios adicionales prestados por el producto, las que representan experiencias escasamente usadas en el caso de frutas. Es interesante constatar que, cuando estos elementos han sido empleados, generalmente se usan como de apoyo a un posicionamiento que se basa primariamente en atributos funcionales.

Respecto del caso específico del canal como elemento de diferenciación, no ha sido un elemento altamente desarrollado en el mundo de la fruta. Ello se debe a que los lugares que las

y los consumidores identifican con alta calidad de este producto son, por un lado, los grandes centros distribuidores o mercados de las ciudades (por ejemplo, La Vega en el caso de Santiago de Chile), los cuales venden grandes cantidades de producto y además suelen hacerlo a granel, lo cual dificulta la diferenciación. En este sentido, una diferenciación a través del canal puede ser desarrollada, por ejemplo, a través del empleo de canales específicos como son las fruterías exclusivas o especializadas, que por su propia naturaleza e imagen segmentada permita transferir diferenciación a la fruta distribuida por ésta. La gran traba de esta estrategia, es que presupone la existencia de dichas cadenas, las que no existen en todos los mercados (como Chile, por ejemplo). Otra alternativa de diferenciación vía canal, que está aún en fases tempranas de desarrollo, es el empleo de una distribución a través del canal digital. Por las diversas formas que posee la comercialización electrónica, este canal puede ser empleado de diversas formas, ya sea en una cadena de comercio electrónico ya montada (tipo Cornershop, UBEREATS o similares) o bien en la creación de un canal que reúna un conjunto de frutas que busquen la misma diferenciación (basada en estabilidad del producto y elementos de alta calidad), las cuales potencien su imagen entre sí y con el canal. Adicionalmente, el canal digital también puede ser usado para potenciar el canal físico, en la línea como la empresa Zespri lo ha hecho en los kiwis, ayudando a los clientes y clientas a encontrar el producto.

En relación a los servicios adicionales, claramente se trata de un elemento complementario en el desarrollo de la diferenciación ya que poseen un bajo poder de diferenciación por sí mismos. Lo anterior se debe a que son elementos del producto ampliado y que, como tal, presuponen un producto real suficientemente atractivo. Lo anterior no significa que no posean un aporte relevante a la diferenciación. En este ámbito existen algunas experiencias interesantes en diversas frutas. Un ejemplo se encuentra en la manzana 'Jazz'®, que en su página web agrega recetas de preparación para diversas ocasiones y contextos³, lo mismo en la manzana 'SweeTango'®, que también presenta formas de preparación diversas para esta variedad. Otra forma de estos servicios adicionales es la iniciativa desarrollada recientemente por 'Pink Lady'®, que ha comenzado una renovación de todos

sus envases (de venta al por mayor como aquellos dirigidos a vender manzanas empaquetadas a consumidores finales) usando materiales reciclables o compostables.

De esta forma, se aprecia que en el ámbito de los canales y servicios adicionales hay también espacio para la diferenciación de una nueva variedad de nectarina. Sin embargo, su uso tiene un carácter más limitado ya que puede potenciar la mejoría de la propuesta funcional y, eventualmente, emocional de una fruta. Al respecto, los ejemplos observados en las variedades de manzanas han hecho un avance significativo, dejando el camino abierto para que otras frutas como las nectarinas puedan usar estos elementos.

Naming

Como se señaló anteriormente, junto al desarrollo de una variedad con paquete tecnológico productivo que permita una entrega estable, y la implementación de una estrategia de diferenciación específica, el tercer paso consiste en otorgar un nombre a la fruta que se desea trabajar. En este último nivel, la situación de las nectarinas es que, si bien las variedades de esta fruta existentes en el mercado tienen nombres, estos son generalmente de libre uso y no son identificados por los y las consumidoras del producto. Nombres como 'Andes nec-1', 'Andes nec-4' o 'Magique' son reconocidos por productores en su afán de obtener productos con mejores propiedades organolépticas, poscosecha y/o que se adaptan mejor a las condiciones geográficas del lugar de plantación, pero no por consumidores y consumidoras de la fruta a la hora de seleccionar un producto. Respecto de marcas usadas comercialmente, no existen hoy experiencias exitosas en el ámbito de las nectarinas y duraznos. Esto significa que se requiere un trabajo comunicacional y de punto de venta que permita que los nombres puedan ser recordados y ser cargados de significados y atributos positivos, los cuales deberían influir decisivamente en la disposición y fidelidad hacia el producto comercializado con ese nombre.

Más allá del déficit promocional que se aprecia en las marcas que han sido registradas, es importante puntualizar que una práctica muy positiva de la denominación de las variedades existentes es el uso de nombres que pueden ser asociados a beneficios del producto (color, sabor,

etc.). Ello entrega un buen punto de partida, ya que facilita, de modo relevante, la identificación y posicionamiento de una nueva fruta al entregar claves explícitas a los y las consumidoras. Por ejemplo, un nectarino que se denomine, por ejemplo, 'María Dolce', de ser identificado por las personas que compran el producto, les habla de una característica fundamental destacada, que debería generar aproximación y ciertas expectativas sobre el producto. Lo anterior no implica que un nombre de fantasía no sea recomendable. El punto es que un producto que se denomine 'Venus' o 'Andes nec-1', requerirá mayores esfuerzos para generar asociaciones tanto con el producto mismo como para transmitir una imagen atractiva o para destacar ciertos atributos específicos que generen interés de prueba.

En este sentido, un gran desafío de las variedades de nectarina no parece ser el tipo de nombres usados, sino el trabajo de comunicación y *branding* que les permita transformarse en variedades que actúen como marcas para el o la consumidora final. La situación a la fecha es que los nombres de variedades hasta ahora son buenos identificadores para los agentes de la industria de la fruta, a quienes les sirve de elemento decisivo a la hora de decidir plantar o no plantar una variedad. No obstante, esta diferenciación no se ha traspasado a los y las consumidores, lo cual demanda un trabajo no sólo de información, sino de aseguramiento de una variedad estable en el tiempo, así como un trabajo estratégico y sostenido de marketing por parte de quien posea la variedad.

Conclusiones

El presente capítulo ha buscado presentar cuáles son los elementos centrales en la diferenciación de una variedad de nectarina. Tomando los aprendizajes de otras frutas, se plantea que existen tres elementos clave en este proceso: desarrollar un paquete productivo-tecnológico que permita tener una variedad de calidad estable en su oferta en el tiempo, establecer una estrategia de diferenciación en base a atributos fundamentales que el producto tenga, a lo que puede sumarse el refuerzo de elementos emocionales así como otros relacionados con el canal de distribución o servicios adicionales y finalmente un buen proceso de *naming* que al ser traspasado y percibido por

³ <https://jazzapple.com/recipes/>

los usuarios finales, permita consolidar los pasos anteriores en la estrategia de diferenciación.

La situación actual de los duraznos y nectarinas está en una etapa temprana de este proceso, propio de un mercado con bajos niveles de madurez, en la que las y los consumidores perciben una oferta bastante homogénea del producto. Si bien existen desarrollos anteriores y sobre todo nuevos proyectos que buscan poseer características organolépticas o incluso externas superiores, y que ello podría ayudarlas a convertirse en variedades registradas para ser explotadas comercialmente (con el modelo variedad club, por ejemplo), hoy no existe ninguna variedad que haya logrado traspasar

sus características o al menos su nombre a la percepción de las personas que son usuarios finales. Lo anterior se debe principalmente a que el gran desafío para estas variedades está en desarrollar una estrategia que junte atributos diferenciales de producto, con una imagen (basada en dichos atributos funcionales acompañados de algunos emocionales y/o de canal o de producto ampliado) y nombres coherentes que sirvan de base para tener una propuesta de *branding* y comunicación de variedad que permita diferenciarse de la homogeneidad actual de la oferta.

Literatura citada

Atlasbig.com (2020). *Top Peach And Nectarine Producing Countries*. Disponible online en <https://www.atlasbig.com/en-gb/countries-by-peach-and-nectarine-production>

Crawford, I. M. (1997). *Agricultural and food marketing management*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Elsadr, H. T., and Sherif, S. (2016). *Peaches and nectarines*. In B. Caballero, P.M. Finglas & F. Toldrá (Eds.) *Encyclopedia of Food and Health* (270-276). Cambridge, MA: Elsevier.

Heiman, A., Zilberman, D., and Baylis, K. (2001). *The role of agricultural promotions in reducing uncertainties of exported fruits and vegetables*. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*, 12(3), 1-26.

Kotler, P. and Keller, K.L. (2015). *Marketing management*. Global edition. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall International.

Statista (2020). *Global leading peach and nectarine producing countries in 2019/2020*. Disponible online en <https://www.statista.com/statistics/739329/global-top-peaches-and-nectarines-producing-countries/>





Tendencias y desafíos actuales para una producción de durazno sostenible y eficiente

Ignasi Iglesias

Agromillora Catalana Group
España.

Rodrigo Infante

Facultad de Ciencias Agronómicas,
Universidad de Chile.

Introducción

Las especies del género *Prunus*, en particular el duraznero, el cerezo y el almendro, se encuentran entre las más importantes en países del sur de Europa como España o Italia y en Estados Unidos, Chile y Australia. La Unión Europea es el segundo mayor productor de duraznos después de China con una producción media anual de 3.612.000 t en el período 2018-2020 y una superficie total cosechada de 206.660 ha en 2019. España es el primer país del ranking con 77.464 ha y 1.480.000 toneladas por año, seguidas de Italia y Grecia. La exportación anual correspondiente al período 2018-2020 fue del 55% de la producción total contabilizando 826.100 toneladas. La nectarina representa el 41% de la producción anual total, seguida por el durazno (21% achatado y 18% fruta redonda y el conservero 20%). Cataluña, Aragón y Murcia, todas las regiones ubicadas en la

cuenca mediterránea, son las áreas de producción más importantes. El principal sistema de formación utilizado en todos los países es el vaso o vaso abierto con diferentes versiones según el país. En España, el Vaso español se ha desarrollado en las dos últimas décadas utilizando portainjertos vigorosos como GF-677 o Garnem (Montserrat e Iglesias, 2011) y representa el 92% del total (Iglesias y Echeverría, 2021). En la última década se han plantado nuevos huertos intensivos con portainjertos que controlan el tamaño para evitar el uso de biorreguladores, práctica habitual en huertos conducidos en Vaso español. La forma plana bidimensional formada en Eje y el Bi-eje se ha desarrollado en las últimas dos décadas en España, Italia, Francia y Grecia con el fin de incrementar la eficiencia de los insumos, en particular la mano de obra, reduciendo el costo de producción mediante una mejor accesibilidad a la copa de trabajadores y máquinas y mejorar la eficiencia de otros insumos como los pesticidas o el riego (Iglesias y Torrents, 2020).

En otras especies, como manzano y peral, la intensificación se inició hace décadas gracias a la disponibilidad de portainjertos enanizantes como el M9 en manzano o diferentes selecciones de membrillero en peral, y el alto costo de la mano de obra para la poda, el raleo y la cosecha. El resultado son copas siempre más pequeñas y bidimensionales en comparación con el vaso o el vaso abierto. Con esta particular arquitectura del árbol, la mecanización es clave para mejorar la eficiencia y la productividad, y representa la principal pauta para la producción moderna de frutas. Puede reducir significativamente las

necesidades laborales, aumentando la eficiencia de los insumos y reduciendo el costo de producción (Iglesias, 2019; Iglesias, 2021b). Se ha estudiado el diseño de huertos en estos huertos intensivos para alcanzar la absorción óptima de irradiación debido a la menor interceptación de la copa (Trentacoste et al., 2015; Iglesias et al., 2021). El espacio entre las hileras dependerá principalmente de la altura de la copa y la latitud, siendo la relación 1/1,0 a 1/1,2 (distancia entre hileras/altura del árbol) más comúnmente utilizada en las principales áreas productoras de Europa (Iglesias et al., 2021; Maldera et al., 2021).

En este artículo se exponen los principales aspectos de la situación y producción del duraznero en España, incluyendo la evolución de los costos y precios al productor, distribución de los costos, portainjertos, raleos, sistemas de formación y mecanización.

Experiencias y resultados

Costos de producción

La mano de obra es uno de los costos de producción más importantes en los huertos frutales de hoja caduca, en particular en el duraznero o el cerezo, pero menos importante en los frutos secos (almendro, nogal o avellano) (Iglesias, 2019; Iglesias et al., 2021). La tendencia de las últimas décadas muestra un aumento importante del costo y un aumento de la escasez de mano de obra en todos los países, con un incremento acumulativo del costo muy por sobre los precios percibidos por los productores en las zonas productivas más importantes de España (Figura 1).

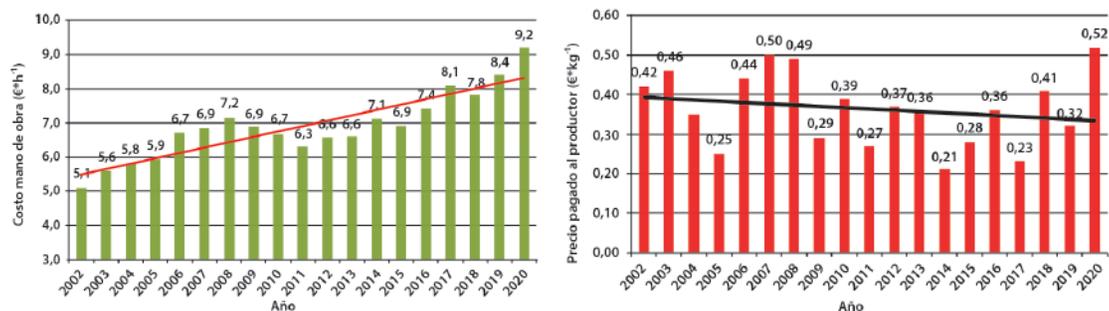


Figura 1. Evolución del costo de la mano de obra (€*h⁻¹) y precio medio pagado al productor (€*kg⁻¹) para una variedad de nectarina de media estación en el Valle del Ebro (NE-de España) durante el periodo 2002-2020.

En este escenario de escasez de mano de obra y constante aumento de costos, pero incluso en un escenario normal, una forma eficiente de ganar competitividad es reemplazar parte de esta mano de obra con la mecanización de la poda, el raleo o la cosecha y, cuando eso no sea posible, en la cosecha o en la poda invernal, para utilizar la mano de obra de manera más eficiente con las copas planas, como se describe a continuación. Estas copas bidimensionales son más accesibles para los operadores de huertos pedestres y para los operadores y las máquinas cuando utilizan plataformas móviles. Además, el establecimiento de huertos intensivos da como resultado rendimientos precoces a pesar del costo creciente del establecimiento de ellos. Pero este costo es solo una vez cada 10-15 años y la reducción del costo de producción es durante todo el período productivo del huerto. Todos estos beneficios sobre la eficiencia de la mano de obra, el aumento de la calidad de la fruta, combinados con las consideraciones ambientales y la mayor eficiencia en el uso de insumos, solo se pueden lograr mediante la intensificación. Esta es la única forma de lograr una producción de fruta sostenible desde el punto de vista ambiental y económico (Willet et al, 2019; Iglesias, 2021a).

El costo total de producción en las principales zonas de producción de España varía de 0,45 a 0,28 €*kg⁻¹, para una variedad de cosecha temprana (30 t*ha⁻¹) y una variedad de cosecha tardía (55 t*ha⁻¹), respectivamente. Depende principalmente de la mano de obra, que representa el 45% del total en el tradicional Vaso español. La cosecha y el raleo de frutos son las labores de mayor costo asociados a mano de obra (Figura 2). Sin embargo, los costos de producción más importantes son los tratamientos, la fertilización, el riego y el manejo del suelo. El uso de mano de obra se puede reducir cambiando la arquitectura del árbol y reemplazándola con mecanización (Iglesias, 2019). Los costos de raleo, poda, cosecha y manejo sanitario de flores y frutos pueden reducirse significativamente cambiando la arquitectura del árbol a copas más pequeñas y bidimensionales, más accesibles para la mano de obra, las máquinas y la luz, lo que resulta en un uso más eficiente de los insumos y una mejor calidad de la fruta (Iglesias, 2019; Iglesias y Echeverría, 2021). El efecto combinado del sistema de conducción y el equipo de pulverización en manzanos aumentó

la cobertura de hojas, reduciendo la deriva del 65% en Vaso al 15% en copas planas estrechas utilizando un equipo de pulverización de lado a lado (Iglesias, 2021a). Esta reducción da como resultado una mejor eficiencia de las aplicaciones de pesticidas y fungicidas, reduciendo el impacto ambiental y el costo de producción.

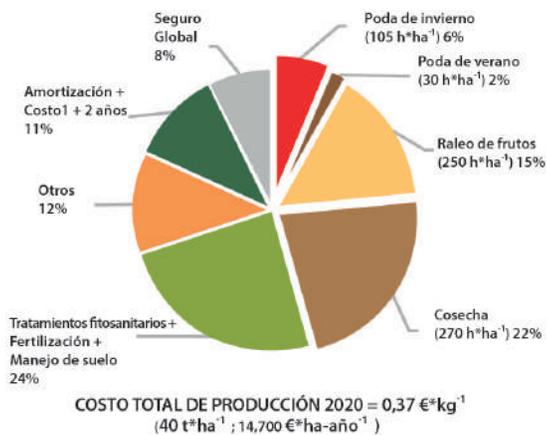


Figura 2. Costo de producción de la nectarina de media estación 'Luciana' (40 t *ha⁻¹), conducida en Vaso español, espaciadas a 5 x 3 m y con una expectativa de vida de 12 años en 2020 en Lleida (España).

Portainjertos

La intensificación de los huertos de duraznero se puede lograr de manera similar a otras especies como manzano y peral, mediante el uso de portainjertos que controlen el tamaño del árbol. Diferentes patrones francos de duraznero, ciruelos e híbridos interespecíficos como Nemaguard, Controller-5, Controller-6, Montclar, Adesoto-101, Montizo, Isthara o Penta, se han utilizado como portainjertos de duraznero en diferentes países europeos, y algunos de ellos para control del vigor (Dejong et al., 2005; Iglesias, 2018; Iglesias y Echeverría, 2021). En las últimas dos décadas, se han introducido nuevos patrones que controlan el vigor, evaluados tanto en parcelas experimentales como en explotaciones comerciales (Figura 3). Entre ellos, destaca la serie "Rootpac" desarrollada por Agromillora (Iglesias et al., 2020). En concreto, la mayor parte de la experiencia en España en huertos intensivos es con Rootpac-40, Rootpac-20 y algunas ciruelas como Adesoto-101. Se ha

desarrollado mucha experiencia en la última década demostrando el claro efecto del patrón

sobre el tamaño del fruto y la eficiencia productiva (Iglesias, 2018; Reig et al., 2020).



120-110%	110-100%	100-80%	80-60%	60-40%	<40%
Muy vigoroso	Vigor Estándar	Estándar medio	Vigor Medio	Semi enanizante	Enanizante
GF-677 Garnen Nemaguard Atlas	Montclar® GF-305 Cadaman Lovell, Kuban	Rootpac®R Tetra Penta	Adesoto-101 Isthara® Controller®6	Rootpac®40 MP-29 Controller®5	Rootpac®20

Figura 3. Nivel de vigor conferido por diferentes portainjertos en duraznero, del más vigoroso (izquierda) al menos vigoroso (derecha).

El efecto del portainjerto sobre el comportamiento agronómico de la nectarina ‘Big Top’ injertada en 20 portainjertos se evaluó en un ensayo a largo plazo realizado en el IRTA en el Valle del Ebro (España). Entre los portainjertos, Rootpac-40 proporcionó la mejor distribución de tamaño de fruto (Figura 4), así como el mejor rendimiento promedio cosechado en la primera cosecha (Figura 5), adelantando la maduración en alrededor de 7 días y proporcionando también la mejor eficiencia productiva. Los criterios establecidos para la primera cosecha fueron tamaño de fruto > 65 mm Ø y cobertura de color de fruto > 80%.

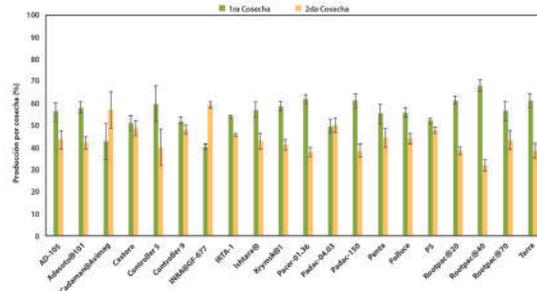


Figura 5. Porcentaje de rendimiento promedio (%) para cada cosecha (primera y segunda) desde la tercera temporada de cosecha hasta la cosecha número 11 de la nectarina ‘Big Top’ injertada en 20 portainjertos. Las barras verticales indican el error estándar (Reig et al., 2020).

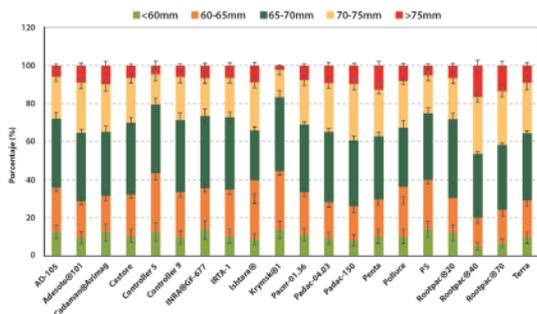


Figura 4. Distribución en porcentaje del tamaño medio del fruto (%) desde la tercera hoja hasta la hoja número 11 en la nectarina ‘Big Top’ injertada en 20 portainjertos. Las barras verticales indican el error estándar (Reig et al., 2020).

Uno de los beneficios más interesantes de la intensificación por medio de portainjertos que controlan el tamaño, es la reducción del período improductivo en comparación con los portainjertos vigorosos estándar. Los rendimientos anuales y acumulados de las nectarinas ‘Noracila’ (precoz) y ‘Luciana’ (media temporada) injertadas en Rootpac-40 conducidas en Eje, y en GF-677 conducida en Vaso español, en las condiciones climáticas del Ebro Valle (NE-España) se muestran en la Figura 6. La distancia de plantación utilizada fue 3,5 x 1,1 y 5 x 3 m, para Eje y Vaso español,

respectivamente. La altura del árbol fue de 3,2 m para el Eje y de 2,4 m para el Vaso español. El tamaño del fruto se obtuvo como valor medio para ambos sistemas, los cuales tuvieron un manejo similar de carga. Los valores medios de fueron 60-67 mm Ø para "Noracila" y 71-75 mm Ø para "Luciana". Rootpac-40 aumentó las categorías AA y A del 21 al 15% para "Noracila" y "Luciana" respectivamente, en comparación con GF-677.

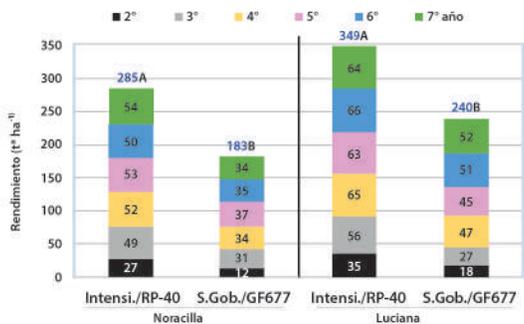


Figura 6. Rendimiento anual y acumulado de árboles de 7 años de las nectarinas 'Noracila' (temprana) y 'Luciana' (media estación) injertadas en Rootpac-40 (Huerto en Eje intensivo) y en GF-677 (Vaso español) representados por el valor medio en diferentes huertos en el Valle del Ebro (España). Las letras diferentes para la misma variedad representan diferencias al $P \leq 0.05$.

Raleo de flores y frutos

El raleo de flores y frutos representa un costo de producción significativo como se muestra en la Figura 2 y en la Tabla 1, en particular para variedades de alta intensidad de floración y cosecha temprana. El efecto del manejo de la carga sobre la calidad de la fruta se ha informado ampliamente en duraznero (Sutton et al., 2020). Además, la calidad del fruto en cuanto a tamaño, color, y concentración de sólidos solubles (CSS) está directamente relacionada con los precios percibidos por los productores, en particular con las variedades tempranas (Iglesias y Echeverría, 2009). En España e Italia, el uso de equipos Darwin para el raleo de flores es una práctica común en los huertos intensivos de durazneros y se aplica al 40% -80% de la floración (Vittone et al., 2010). Los resultados obtenidos con esta técnica en árboles de 8 años de 'Ambrá' (variedad temprana) conducida tanto en Vaso español como en Eje, aplicando el

raleo estándar de frutos o el raleo mecánico de flores y un raleo manual complementario de frutos, claramente demuestra el beneficio del raleo de flores en la distribución del tamaño de la fruta y en algunos parámetros de calidad, lo que lleva a un aumento en el CSS y el peso de la fruta (Figura 7). Además, el costo total del raleo (raleo manual de frutos vs. mecánico con Darwin más raleo manual complementario) se redujo de 1.785 €*ha⁻¹ a 836 €*ha⁻¹, respectivamente (Tabla 1). En Vaso español el uso del equipo Erius para el raleo de flores redujo el costo del raleo a 1.346 €*ha⁻¹.

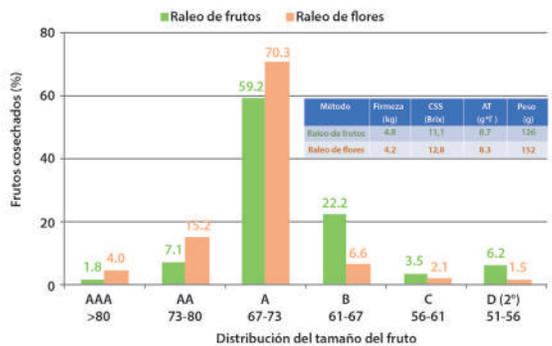


Figura 7: El efecto del raleo de flores y frutos en la distribución del tamaño del fruto y en parámetros de calidad en árboles de 'Ambrá' de 8 años de edad (variedad temprana) injertada en patrón GF-677 en Lleida (Valle del Ebro, España) y conducida en Vaso español (raleo manual) y Eje (raleo de flores + raleo manual complementario) (Iglesias y Echeverría, 2021).



Sistema de conducción y costo de producción

Las diferentes labores como poda, raleo y cosecha, que se puede realizar a mano, con máquina o ambas, se ilustran cronológicamente en la Figura 8. Las operaciones que requieren más mano de obra, como la poda ya sea en invierno

o en verde, raleo de flores y/o frutas, cosecha y aplicaciones, se muestran en la Figura 2. El uso de mecanización parcial o total de estas operaciones, incluida la aplicación de agroquímicos, resulta en la reducción de los costos laborales como se demuestra en la Tabla 1.



Figura 8. Línea de tiempo ilustrativa representando diferentes labores del huerto de duraznero, desde la poda hasta la cosecha, la fertilización y las aplicaciones fitosanitarias.

Uno de los costos más importantes en la producción de duraznos es la cosecha (Figura 2). En árboles adultos de la variedad de media estación 'Luciana', se registró una eficiencia de cosecha de $120 \text{ kg} \cdot \text{h} \cdot \text{persona}^{-1}$ para un huerto en Vaso español y $210 \text{ kg} \cdot \text{h} \cdot \text{persona}^{-1}$ para un huerto en Eje asistido por una plataforma móvil. Considerando un precio medio de mano de obra de $8,5 \text{ €} \cdot \text{h}^{-1}$ (2020), el costo de cosecha equivalente $\cdot \text{kg}^{-1}$ fue de 7,0 para el Vaso español y $4,0 \text{ €} \cdot \text{kg}^{-1}$ para el Eje. Desarrollando copas planas y utilizando la mecanización para la poda, el raleo y la cosecha, incluida una pulverización más eficiente, el costo total de producción se puede reducir en esta variedad, de media estación, en

alrededor de $2.086 \text{ €} \cdot \text{ha}^{-1}$ o $0,11 \text{ €} \cdot \text{kg}^{-1}$, considerando rendimientos de 40 y $50 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ para el Vaso español y el Eje, respectivamente (Tabla 1). En este caso la necesidad total de mano de obra por temporada se redujo de 651 a 398 jornadas $\cdot \text{ha}^{-1}$ cuando se utilizaron las copas planas. Esto representa un aumento del 39% de la eficiencia laboral. A pesar de esta ventaja, para los huertos intensivos, el costo de plantación será el doble en comparación con el Vaso español. Así, para calcular el costo anual real, se consideró un costo total de plantación de $8.000 \text{ €} \cdot \text{ha}^{-1}$ para el Vaso español y $19.000 \text{ €} \cdot \text{ha}^{-1}$ para el Eje, y una vida útil de 15 años, lo que supuso un incremento del costo anual de amortización de $733 \text{ €} \cdot \text{ha}^{-1}$ para el sistema intensivo (Tabla 1).

Tabla 1: Efecto del sistema de conducción y del portainjerto en el rendimiento, costos de producción y eficiencia de la mano de obra para árboles adultos de la nectarina de media estación 'Luciana' en el Valle del Ebro (NE-España) en 2020.

SISTEMA DE CONDUCCIÓN/ PORTAINJERTO	PRODUCCIÓN (kg*ha ⁻¹)	COSTO TOTAL (€*ha ⁻¹)	COSTO TOTAL (€*kg ⁻¹)	OTROS (€*ha ⁻¹)	PESTICIDAS + FERTILIZANTES (€*ha ⁻¹)	PODA DE INVIERNO (€*ha ⁻¹)	RALEO FRUT. Y FLO. (€*ha ⁻¹)	COSECHA (€*ha ⁻¹)	VARIACIÓN TOTAL COSTOS (€)(€*ha ⁻¹)	MANO DE OBRA EFICIENCIA (h*t ⁻¹)
VASO ESPAÑOL /GF-677	40.000	14.700	0,37	5.634	3.528 (2.293 pest.) (1.235 fert.)	920	1.785	2.833 333 (120 kg.h ⁻¹)	9.066	(651 h*ha⁻¹) 16 h*t⁻¹
EJE INTENSIVO / RP-40	50.000	12.614	0,26	6.195	2.810 (1.885 pest.) (1.025 fert.)	750	836	2.023 238 (210 kg.h ⁻¹)	6.419	(398 h*ha⁻¹) 7,6 h*t⁻¹
DIFF. EI-VE	+10.000	+2.086	-0,11	+648	-718	-170	-949	-897	-2.647	+39%

Costo mano de obra considerado: 8,5 €*h⁻¹
(+) Incluye amortización anual 733 €*año⁻¹

La combinación de una variedad/portainjerto específico determina tanto las distancias de plantación como el sistema de formación que se debe utilizar. En duraznero, el proceso de intensificación del huerto (Figura 9), no ha sido tan rápido como en otras especies. El vaso abierto, con sus diferentes opciones, sigue siendo el más utilizado en los principales países productores como Estados Unidos, Italia o España. En Estados Unidos, el tradicional vaso abierto con portainjertos

semi vigorosos como Nemaguard o Lowell, sigue siendo el principal sistema utilizado (Figura 9). En Italia, los sistemas axiales, como el eje central y la palmeta, se han utilizado durante décadas, lo que ha aumentado su importancia en los últimos años. También se han utilizado ampliamente varios patrones de ciruelo, como Adesoto, así como patrones más vigorosos como INRA GF-677. Además, este tipo de huertos no suelen ser pedestres y es habitual el uso de plataformas.

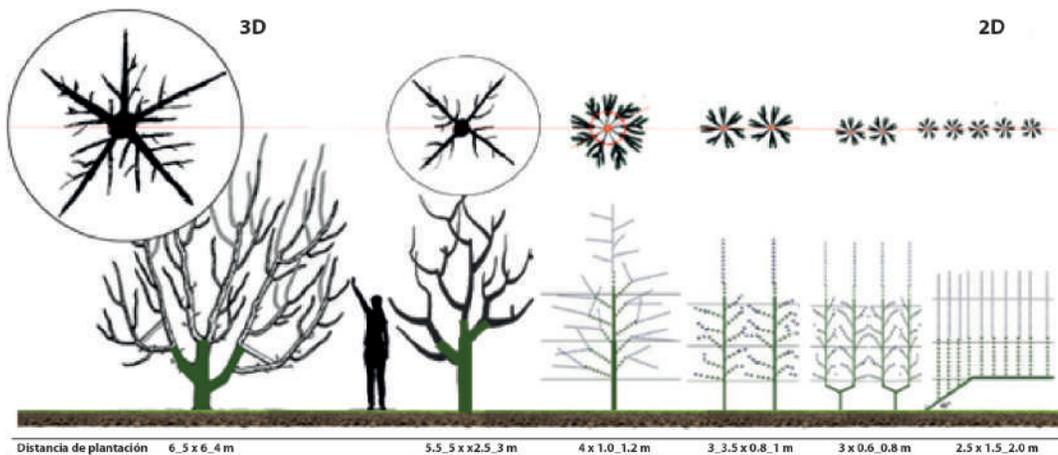


Figura 9. Intensificación de los huertos y cambio a sistemas de copas planas en especies de hoja caduca. En la parte superior de la figura se muestra la proyección vertical de la copa en el suelo (Iglesias, 2021b).

El sistema de formación más importante utilizado en España (que representa el 92% del total) es el tradicional vaso abierto o Vaso español también llamado vasito español o vaso catalán, con una distancia de plantación de 5 x 3 m, con 2,5

a 3,0 m de altura (667 árboles* ha⁻¹) (Montserrat e Iglesias, 2011). El control del vigor de los árboles fue y sigue siendo el principal problema de este sistema cuando se utilizan portainjertos vigorosos como el INRA GF-677, el Garnem o el Cadaman

(Iglesias y Echeverría, 2021). La base de este sistema son dos intervenciones de poda de verano (en julio y agosto, hemisferio Norte) durante los dos primeros años. El objetivo de estas intervenciones es aumentar el número de ramas para llenar el espacio asignado a cada árbol lo más rápido posible. La poda de verano durante el primer año se realiza a mano. En el segundo y tercer año, se realiza mecánicamente mediante "topping". Después del tercer año, el "topping" se realiza una o dos veces por temporada, según la variedad y el vigor del árbol. También se puede aplicar tanto a la parte superior como a los lados de los árboles. Para lograr este objetivo es necesario ocupar rápidamente el espacio asignado a cada árbol, de ahí la necesidad de un portainjerto de gran vigor (INRA GF-677, Garnem, Cadaman, etc.) para proporcionar un vigor adecuado al árbol. Cuando la copa del árbol se completa, es necesario aplicar el regulador de crecimiento (Paclobutrazol) para manejar adecuadamente el vigor. Las crecientes restricciones impuestas por las regulaciones de la Unión Europea (UE) sobre el uso de reguladores del crecimiento, como el Paclobutrazol, podrían restringir el uso de estos portainjertos vigorosos. Los primeros rendimientos se obtienen en el segundo año. En el tercer año, la copa de los árboles está casi completamente desarrollada y se obtienen

rendimientos importantes, que van desde 20 (variedades tempranas) a 45 t*ha⁻¹ (variedades de media temporada o tardía). En el cuarto año, se alcanza el rendimiento completo para la mayoría de las variedades con rendimientos que oscilan entre 35 y 65 t*ha⁻¹ (Iglesias y Echeverría 2021).

En España se han utilizado diferentes sistemas planos en menor escala (alrededor del 15%) en comparación con el Vaso español. El sistema de Palmeta (3 ejes) se utiliza en todas las zonas con los mismos portainjertos vigorosos o semi-vigorosos que en el Vaso español. Con el paso de los años el interés por este sistema ha ido disminuyendo porque requiere una mano de obra cada vez más especializada durante los primeros tres años en comparación con el Vaso español. En la Palmeta, el llenado óptimo del espacio entre árboles es el principal desafío (Figura 10). Reducir la distancia entre árboles produciendo ramas secundarias en la parte inferior de los brazos es clave para optimizar los rendimientos. Las ventajas de este sistema incluyen la buena combinación de un sistema plano, con los beneficios de la accesibilidad de la copa, y el buen control del vigor del árbol en comparación con el sistema de dos ejes o el Eje solo, cuando se utilizan patrones semi vigorosos o vigorosos en una densidad de plantación baja.

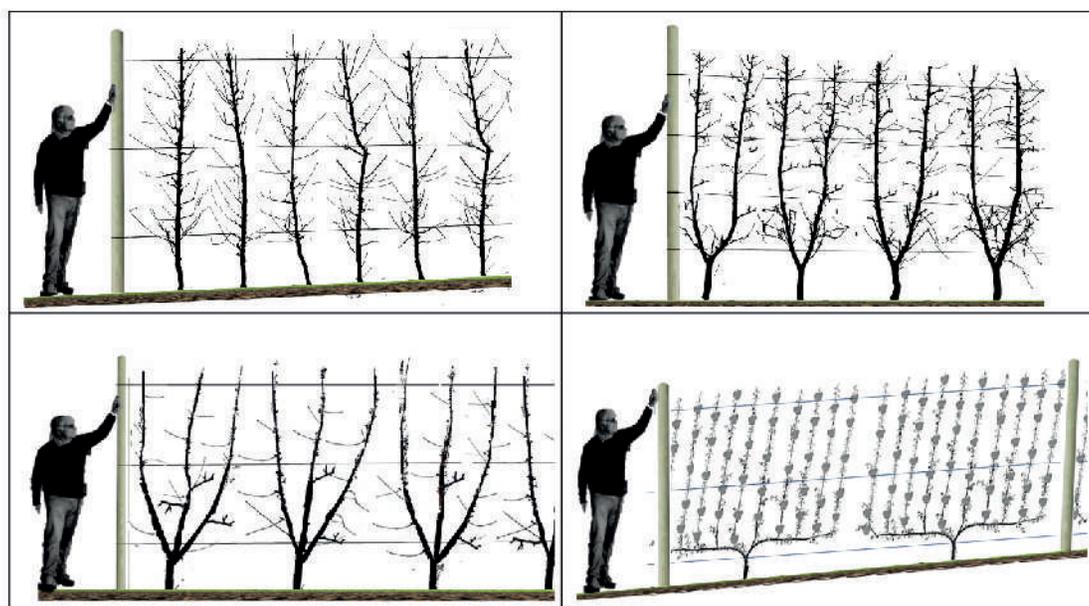


Figura 10. Diferentes opciones de copas planas en sistemas de conducción en duraznero: desde eje central al sistema de ejes múltiples.

El sistema de eje central (Figura 10) se utiliza cada vez más con portainjertos de vigor medio a bajo de la serie RootPac, ciruelos u otros híbridos interespecíficos. El creciente interés en desarrollar sistemas de conducción intensivo bidimensionales, como el Eje, Bi-eje o Multi-eje tiene que ver con la precocidad (Figuras 6 y 12) y la reducción del costo de producción, principalmente gracias al uso del raleo mecánico de flores/frutos, poda de verano/invierno y uso de plataformas mecánicas para la cosecha asistida (Tabla 1). Además, el Eje es el sistema más sencillo para conducir durante los primeros 3 años ya que solo necesita algunas ramificaciones secundarias cortas en la parte inferior del árbol. Las ramillas frutales se insertan principalmente en el eje (Figura 10).

Una opción interesante para reducir el costo de establecimiento de un huerto es conducir los árboles en Bi-Eje o Ypsilon. Al hacerlo, con el mismo número de árboles, el número de ejes es el doble, por lo que los árboles pueden estar más lejos entre sí y el espacio entre los árboles es muy fácil de llenar. Además, la copa es más plana en comparación con el eje central y con el mismo número de árboles (Figuras 8 y 9). Además, tener dos ejes da como resultado un mejor control del vigor en comparación con el eje central. Esta es una opción interesante para buenas condiciones de suelo, variedades tempranas y vigorosas y portainjertos semivigorosos como Montclar, Cadaman o Rootpac-R. Según las observaciones de manzanos y perales, el Ypsilon parece ser uno de los sistemas de conducción más interesantes que se pueden utilizar en duraznero. Siendo un buen compromiso entre la densidad de plantación, el vigor del árbol y la copa plana. Conducir árboles

en dos ejes con un vigor similar no es tan fácil como conducirlos en eje central. Para hacerlo más fácil, se recomienda el uso de un eje injertado con yemas en receso o un árbol de un año de "June-budding" como la opción recomendada.

Diferentes referencias demuestran el efecto de los sistemas de conducción sobre el rendimiento, la calidad del fruto y la rentabilidad en duraznero (Sutton et al., 2020). En un ensayo realizado en el Valle del Ebro (España) con 'O'Henry' injertado en Montclar y plantado en 1995, se probaron durante 10 años, seis sistemas de conducción desde la copa plana hasta la en tres dimensiones (Nuñez et al., 2006). La distancia de plantación, la densidad de plantación, los rendimientos acumulados, los costos y el valor presente neto se presentan en la Tabla 2. Se incluyen los datos simulados para la conducción en Eje intensivo, establecido a la distancia común utilizada ahora en 3,5 x 1,1 m (Tabla 2). El costo de la plantación está directamente relacionado con la densidad de plantación y con la estructura de soporte. En este caso, el Eje intensivo es el más caro. El mayor rendimiento acumulado se obtuvo con Ypsilon, el Eje (es el más productivo de todos) y Tatura, y el más bajo es la doble Y, similar al vaso español. El mayor costo variable, usando el vaso abierto como referencia, fue para Tatura y el menor para el vaso abierto. En cuanto a la rentabilidad económica y teniendo en cuenta el precio medio al productor del período 1997-2005 (0,42 €*kg⁻¹), que se considera precio medio, el sistema más interesante fue Ypsilon (sin estructura de soporte) con valores bajos para la doble Y. El sistema en Eje intensivo debería ser, por lejos, el mejor de todos los sistemas debido a los rendimientos acumulados más altos, a pesar del mayor costo de establecimiento.

Tabla 2: Desempeño de diferentes sistemas de conducción en duraznero 'O'Henry' injertado en el portainjerto Montclar en un ensayo de 10 años de duración en la Estación Experimental de Lleida-IRTA (Valle del Ebro, España) plantado en 1995 (Nuñez et al., 2006).

SISTEMA DE CONDUCCIÓN	Distancia de plantación (m)	Densidad de plantación (árboles*ha ⁻¹)	Costo de plantación (€ *ha ⁻¹)	Rendimiento acum. 10 años (t*ha ⁻¹)*	Rendimiento acumulado respecto al vaso abierto=100(%)	Costo variable anual (€ *ha ⁻¹)	Costo anual respecto al vaso abierto (%)*	Valor presente neto respecto a vaso español (%)
Ypsilon (transversal)	5,5x1,75	1.038	6.800	295,3	113	8.920	+7%	107
Eje simulado intensivo	4,5x1,75 3,5x1,10	1.270 2.597	9.100 16.800	283,1 480,0	109 183	8.780 8.950	+6% +9%	96 147
Vaso Español (tradicional)	5,5x3,5	519	5.400	261,7	100	8.100	Referencia	100
Doble Y	5,5x3,5	519	5.300	225,6	86	7.050	-17%	85
Palmeta	4,5x3,5	635	6.700	264,8	101	8.150	0%	99
Tatura	5,5x3,5	519	8.400	285,1	109	9.100	10%	98

En el mismo ensayo, se evaluó la interceptación de luz para diferentes sistemas de conducción durante tres años consecutivos (2003-2005) medida en cinco días de verano (julio) de cada año utilizando un ceptómetro (modelo Sun Scan SSI-UM-1.05) dentro de la banda de longitud de onda PAR (radiación fotosintéticamente activa) de 400-700 nm. Los resultados obtenidos se expresaron como un porcentaje del PAR total sobre la copa y se muestran en la Figura 11. También se incluyó el eje simulado intensivo a 3,5 x 1,1 m. Las diferencias máximas entre tratamientos fueron importantes y se produjeron alrededor del mediodía. Los mayores valores de inicio se obtuvieron con Tatura, vaso abierto, Ypsilon y Doble Y, y los menores para la Palmeta seguidos por el Eje y Eje simulado intensivo. Cuando se calculó el valor medio (%) para todo el día, las diferencias entre los sistemas se redujeron sustancialmente como se ilustra en la Figura 11, oscilando entre el 70% y el 89% para Palmeta y Tatura, respectivamente. Valores similares son reportados por otros autores en cerezo al comparar el enrejado en Y con el UFO (por su sigla en inglés de *Upright Fruiting Offshoots*) (Whiting, 2018), en almendro comparando el vaso abierto con el seto (Casanova-Gascón et al., 2019; Iglesias et al., 2021) o la orientación de las filas del seto (Maldera et al., 2021).

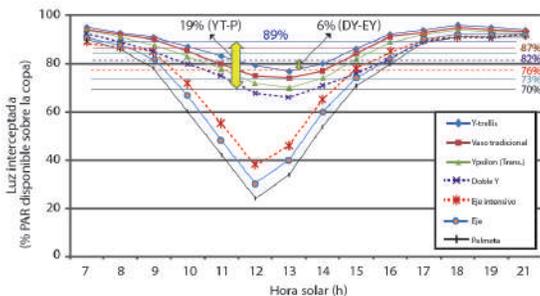


Figura 11. Valores medios de interceptación de luz solar, expresada como % de PAR disponible sobre la copa ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{seg}^{-1}$), por sistemas de conducción para el periodo 2003-2005. También se muestran los porcentajes de valores promedio (%) a lo largo del día para cada sistema. Adaptado de Núñez, et al. (2006) e Iglesias (2019).

Dado un patrón específico, el sistema de formación afecta el desempeño agronómico y la calidad de la fruta en diferentes especies de hoja

caduca como el manzano (Palmer, 1989), peral (Sansavini y Musachi, 1994; Musacchi et al., 2021), duraznero (Iglesias y Echeverría, 2021), cerezo (Gelfhi et al., 2015; Long et al., 2015, Lugli et al., 2015) o ciruelo (Iglesias et al., 2021). En duraznero, la intensificación desde el Vaso español hacia los sistemas axiales como el Eje utilizando portainjertos que controlan el vigor, afecta directamente el rendimiento acumulado y la calidad de la fruta como se presentó anteriormente en la Figura 6.

Se estableció un ensayo en un huerto comercial en la zona de Lleida (Valle del Ebro, NE España) con el objetivo de comparar cómo la intensificación afecta el rendimiento y la calidad de la fruta. Los dos cultivares utilizados fueron "Ambra" (variedad temprana) y "Luciana" (media estación). Ambos fueron injertados en INRA GF-677. Los árboles se plantaron en febrero de 2011 de yema dormida. Como referencia se utilizó el Vaso español de 5 x 3 m. La distancia de plantación, la densidad de plantación y el costo de plantación se presentan en la Tabla 3. Al final del primer año, los árboles conducidos en Eje (hilera simple e hilera doble) casi alcanzaron el volumen total asignado a ellos debido al alto vigor conferido por el portainjerto. Con el Vaso español, el espacio estaba casi cubierto al final del tercer año. Se utilizó Paclobutrazol en diferentes dosis en primavera después del segundo año para un adecuado control del vigor. Los precios percibidos por los productores en este período fueron críticos y más bajos de lo habitual por el veto que Rusia impuso a los productos agroalimentarios de la UE en agosto de 2014. Para la variedad de media estación 'Luciana' el precio fue más bajo que para 'Ambra' y esto afectó significativamente los ingresos del productor (producto bruto/costo de producción) como se expone en la Tabla 3. Incluso en una situación de precios muy bajos y considerando el costo superior de amortización de los sistemas de conducción intensiva (una y dos hileras), el ingreso adicional para el productor fue positivo y mejoró rápidamente cuando el precio fue mayor en el caso de 'Ambra' versus 'Luciana' (Tabla 3). Con precios de fruta previstos buenos o altos, está claro que esta intensificación del huerto será extremadamente rentable e interesante para los productores.

Los rendimientos acumulados obtenidos a lo largo del período 2012 (segundo año) a 2018

Tabla 3. Características de tres sistemas de conducción, precios e ingresos acumulados para productores correspondiente al periodo 2012-2017 para las nectarinas ‘Ambra’ y ‘Luciana’ plantadas en febrero 2011 en Lleida (Valle del Ebro, NE España).

SISTEMA DE CONDUCCIÓN	Distancia de plantación (m)	Densidad de plantación (árboles*ha ⁻¹)	Costo de plantación (€*ha ⁻¹)	Costo de amortización (€*ha ⁻¹)	Precio promedio a productor (2012-2017) (€*kg ⁻¹) Ambra	Precio promedio a productor (2012-2017) (€*kg ⁻¹) Luciana	Ingreso productor acumulado (2012-2017) (€*ha ⁻¹) Ambra	Ingreso productor acumulado (2012-2017) (€*ha ⁻¹) Luciana
Vaso Español	5,3 x 3,0	667	6.500	433	0,33	0,26	18.030	4.151
Eje hilera simple	3,5 x 1,0	2.857	15.100	1.007	0,33	0,26	19.980	7.863
Eje hilera doble	3,5 x 1,0 x 1,5	4.000	21.400	1.427	0,33	0,26	31.980	16.982

(octavo año) en ambas variedades se presentan en la Figura 12. Los resultados están alineados con los datos mostrados en la Figura 6 con la misma variedad ‘Luciana’ injertada en INRA GF-677 como referencia y también en el sentido de que la intensificación del huerto proporciona rendimientos siempre tempranos en comparación con el Vaso español usado como control. Además de los rendimientos tempranos obtenidos con la hilera simple y doble en comparación con Vaso español, también se mejoraron los rendimientos anuales debido a una mayor altura de los árboles. En este

caso, se utilizó una escalera/trineo para alcanzar alrededor del 20% de los frutos colocados en el parte superior de la copa. En el vaso español casi el 90% se alcanzó desde el suelo. Con respecto al color y al tamaño de la fruta y al CSS, no se registraron diferencias en ‘Luciana’, una variedad de alto color de cubrimiento. Sin embargo, el color de la fruta y el CSS se mejoraron en ‘Ambra’, conducidos tanto en una como en dos filas, comparadas con el vaso español.

Los datos demostraron claramente los beneficios de la intensificación del huerto. Los rendimientos

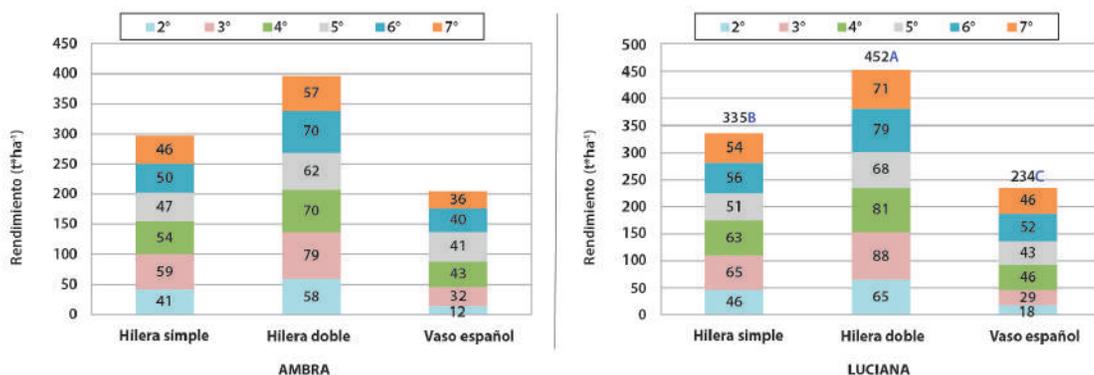


Figura 12. Producción anual y acumulada de árboles de 7 años de las nectarinas ‘Ambra’ y ‘Luciana’ injertadas en el portainjerto INRA GF-677 conducidas en tres sistemas en el Valle del Ebro (España). Letras diferentes para la misma variedad muestran diferencias significativas al $P \leq 0.05$.

son más precoces y más altos, hay una mejor accesibilidad a la copa y una mecanización y uso más eficiente de la mano de obra y otros insumos. Estos beneficios compensan el mayor costo al plantar huertos intensivos de durazno.

Conclusiones

Se presentan las principales características de la producción de durazno en España, así como las diferentes opciones de intensificación del huerto. La intensificación combinando portainjertos que controlan el vigor y un sistema de conducción basado en copas pequeñas bidimensionales resulta

en una mejor eficiencia del uso de los insumos, reduciendo el costo de producción y aumentando la sostenibilidad de los huertos. La producción de duraznos implica tareas muy exigentes en mano de obra como poda, raleo o cosecha. Las copas planas permiten un acceso más fácil y una mayor eficiencia tanto de las labores manuales como de las mecanizadas. Este aumento de la eficiencia abre la puerta a la adopción de futuros avances para la fruticultura de precisión con el desarrollo de sensores, cámaras multi-espectrales y monitorización, proporcionando datos útiles para la optimización del uso de insumos como mano de obra, agua, fertilizantes o pesticidas. Además de la reducción del costo de la mano de obra, las copas bidimensionales y pequeñas combinadas con la intensificación del huerto conducen a una reducción de la mano de obra necesaria para la formación de los árboles durante los primeros años, así como para alcanzar rendimientos tempranos. En los árboles adultos, las copas estrechas mejoran la distribución de los productos y las copas más pequeñas son más eficientes en el uso de nutrientes ya que tienen menos madera estructural. La intensificación del huerto es el camino para un uso eficiente de los insumos y, por lo tanto, para lograr una producción más sostenible necesaria

para aumentar la producción de alta calidad.

El sistema alimentario mundial debe estar impulsado por la sostenibilidad y la innovación en el sistema de producción, como lo informa claramente la Comisión The Lancet. Este cambio implicaría mejoras radicales en la eficiencia en el uso de plaguicidas, fertilizantes, agua y, por último, pero no menos importante, mano de obra, gracias a la innovación en la gestión de los sistemas de cultivo, incluida la biodiversidad. Para lograr emisiones negativas a nivel mundial, según el Acuerdo de París 2016, el sistema alimentario mundial y el sistema de producción de alimentos en particular deben convertirse en un sumidero neto de carbono a partir de 2040 en adelante. El Pacto Verde Europeo y las estrategias “de la granja a la mesa” y la biodiversidad es el plan para hacer que la economía de la UE sea sostenible. Podemos hacer esto convirtiendo los desafíos climáticos y ambientales en oportunidades, incluida una cadena sostenible de producción, distribución y consumo de alimentos. La producción sostenible es la respuesta del Pacto Verde con respecto a la producción de alimentos, y la producción de duraznos es uno de los sectores productores de frutas más importantes de la UE.

Literatura citada

Casanova-Gascón, J., Figueras-Panillo, M., Iglesias-Castellarnau, I. and Martín-Ramos, P. (2019). Comparison of SHD and Open-Center Training Systems in Almond Tree Orchards cv. 'Soleta'. *Agronomy*, 2019, 9, 874, 1-15.

Dejong, T.M., Johnson, R.S., Doyle and J.F., Ramming, D. (2005). Research yields size-controlling rootstocks for peach production. *California Agriculture*, 59 (2).

Ghelfi, R. and Palmieri, A. (2015). *La qualità paga: analisi dei costi della redditività*, Convegno Nazionale del Ciliegio 2.0 – “Innovazioni di prodotto e di processo per una cerasicoltura di qualità” sessione 1 – Nel ciliegio la qualità paga, Vignola (Italy), 25 febbraio 2015.

Iglesias, I. and Echeverría, G. (2009). Differential effect of cultivar and harvest date on nectarine colour, quality and consumer acceptance. *Scientia Horticulturae*, 120, 41-50.

Iglesias, I. (2018). *Patrones de melocotonero: situación actual, innovación, comportamiento agronómico y perspectivas de futuro*. *Revista de Fruticultura*, 61, 6-43.

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). Diseño de nuevas plantaciones adaptadas a la mecanización en frutales. *Horticultura*, 346, 60–67.

Iglesias, I., Torrents, J., Moreno, M.A. and Ortíz, M. (2020). Actualización de los portainjertos utilizados en cerezo, duraznero y ciruelo. *Revista Frutícola* 42(2), 8–18.

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.

Iglesias, I. (2021b). Retos para una agricultura eficiente y sostenible. *Vida Rural*, 500, 82–90.

Iglesias, I. and Echeverría, G. (2021). Overview of peach industry in the European Union with special reference to Spain. *Acta Horticulturae* 1304, 163–176.

Iglesias, I.; Foles, P. and Oliveira, C. (2021). El cultivo del almendro en España y Portugal: situación, innovación tecnológica, costes, rentabilidad y perspectivas. *Revista de Fruticultura* 81, 6–49.

Long, L., Lang, G., Musacchi, S. and Whiting, M. (2015). *Cherry Training Systems*, PNW-667. Pacific Northwest Extension Publications (USA).

Lugli, S., Correlale, R., Grandi, M., Bertolazzi, M., Taruscio, G., Ceccarelli, A., Rocchi, R., Taioli, M., Vidoni, S. and Costa, G. (2015). Qualità e sistemi di impianto, *Convegno Nazionale del Ciliegio 2.0 – “Innovazioni di prodotto e di processo per una cerasicoltura di qualità”, Vignola (Italy), 25 febbraio 2015.*

Maldera, F., Vivaldi G.A., Iglesias–Castellarnau, I. and Camposeo, S. 2021. Row orientation and canopy position affect bud differentiation, LAI and some agronomical traits of a super high-density almond orchard. *Agronomy*, 11, 251. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020251>

Montserrat, R. and Iglesias, I. (2011). I sistemi di allevamento adottati in Spagna: l'esempio del vaso catalano. *Riv. di Frutticoltura*, 7/8, 18–26.

Musacchi, S.; Neri, D.; Iglesias, I. (2021). Sustainable Training Systems for European Pear (*Pyrus communis* L.): A Review. *Agronomy, Special Issue: New Trends in Fruit Tree Training Systems: Towards Higher Efficiency and Sustainability*. In press.

Nuñez, R.; Iglesias, I.; Montserrat, R.; Alegre, S. (2006). Eficiencia agronómica de seis sistemas de formación con la variedad de melocotón 'Merill O'Henry' (*Prunus persica* (Bastsh)). *ITEA*, Vol. 102 (1), 13–26.

Palmer, J.W. (1989). The effects of row orientation, tree height, time of year and latitude on light interception and distribution in model apple hedgerow canopies. *J. Hortic. Sci.*, 64, 137–145.

Reig, G., Garanto, X., Mas, N. and Iglesias, I. (2020). “Long-term agronomical performance and iron chlorosis susceptibility of several *Prunus* rootstocks grown under loamy and calcareous soil conditions”. *Sci. Hortic.* 262, 109035.

Sansavini, S.; Musacchi, S. (1994). Canopy architecture and pruning in the modern European pear orchards: an overview. *Acta Hort.* 367, 152–172. DOI: 10.17660/ActaHortic.1994.367.20. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1994.367.20>

Sutton, M., Doyle, J., Chavez, D. and Malladi, A. (2020). Optimizing Fruit-Thinning Strategies in Peach (*Prunus persica*) Production. *Horticulturae* 6, 41; doi:10.3390/horticulturae6030041.

Trentacoste E.R., Connor D.J. and Gómez-del-Campo M. (2015). Effect of row spacing on vegetative structure, fruit characteristics and oil productivity of N-S and E-W oriented olive hedges. *Scientia Horticulturae* 193, 240–248.

Vittone, G., Asteggiano, L. and Demaria, D. (2010). Buona pezzatura e costi minori diradando a macchina il pesco. *L'Informatore Agrario* 26, 50–53.

Whiting, M. (2018). *The Intersection of Biology & Technology: Orchard Systems of the Future. IV Jornadas Técnicas de Fruticultura AEAMDE, 1-3 marzo 2018. La Almunia de Doña Godina (Zaragoza, Spain).*

Willet, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L.J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J.A., De Vries, W., Sibanda, L.M., Afshin, A., Chaudhary, A., Herrero, M., Agustina, R., Branca, F., Lartey, A., Fan, s., Crona, B., Fox, E., Bignet, V., Troell, M., Lindahl, T., Singh, S., Cornell, S.E., Reddy, K.S., Narain, S., Nishtar, S., Murray, C.J., 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)





VARIETADES DEL PROGRAMA

VARIEDAD

Andesnec-1

DATOS GENERALES

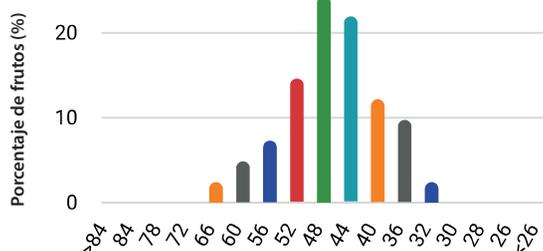
Especie	Nectarina
Portainjerto	Nemaguard
Lugar	Rinconada
Plena flor	2010-09-05
Cosecha	2011-01-04



COSECHA

Productividad	buena
Maduración	heterogéneo, exterior - interior
°Brix	13,2
Apariencia del fruto	buena
Cubrimiento general de color	buena
Calibre general de frutos	homogéneo
Sobre color	rojo
Color de fondo	amarillo
Forma de fruto	redondo
Color de pulpa	amarilla
Adhesión pulpa/carozo	pavía
Jugosidad	moderado
Aroma	moderado
Dulzor	moderado
Acidez	moderado
Sabor de fruto	excelente
Crocancia	extremo
Presión ecuatorial de fruto	12,2 lb
Punto más blando del fruto	sutura (11,7 lb)
Calibre promedio	40-44
Peso promedio fruto	180-190 g
Daños y defectos	casposidad (leve)

Distribución de calibres





VARIEDAD

Andesnec-2

DATOS GENERALES

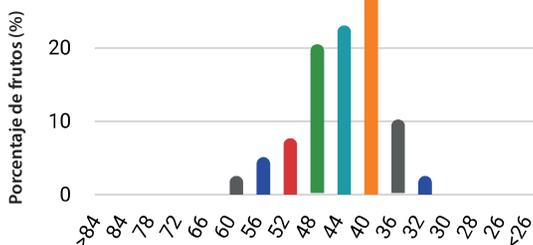
Especie	Nectarina
Portainjerto	Nemaguard
Lugar	Rinconada
Plena flor	2011-09-07
Cosecha	2012-02-16



COSECHA

Productividad	buena
Maduración	homogéneo, exterior - interior
°Brix	13,7
Apariencia del fruto	buena
Cubrimiento general de color	buena
Calibre general de frutos	homogéneo
Sobre color	rojo
Color de fondo	verde amarillo
Forma de fruto	redondo
Color de pulpa	amarilla
Adhesión pulpa/carozo	pa'via
Jugosidad	moderado
Aroma	leve
Dulzor	moderado
Acidez	leve
Sabor de fruto	excelente
Crocancia	extrema
Presión ecuatorial de fruto	16,2 lb
Punto más blando del fruto	hombro (11,9 lb)
Calibre promedio	40-44
Peso promedio fruto	210 g
Daños y defectos	-

Distribución de calibres



VARIEDAD

Andesnec-3

DATOS GENERALES

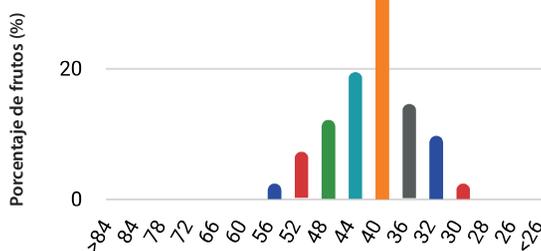
Especie	Nectarina
Portainjerto	Nemaguard
Lugar	Rinconada
Plena flor	2011-09-07
Cosecha	2012-02-02



COSECHA

Productividad	bueno
Maduración	homogéneo, exterior - interior
°Brix	15,9
Apariencia del fruto	bueno
Cubrimiento general de color	bueno
Calibre general de frutos	homogéneo
Sobre color	rojo
Color de fondo	verde amarillo
Forma de fruto	redondo
Color de pulpa	amarilla
Adhesión pulpa/carozo	pavía
Jugosidad	moderado
Aroma	leve
Dulzor	moderado
Acidez	leve
Sabor de fruto	bueno
Crocancia	extremo
Presión ecuatorial de fruto	13,2 lb
Punto más blando del fruto	hombro (11,3 lb)
Calibre promedio	40-44
Peso promedio fruto	180-190 g
Daños y defectos	-

Distribución de calibres



VARIEDAD

Andesnec-4

DATOS GENERALES

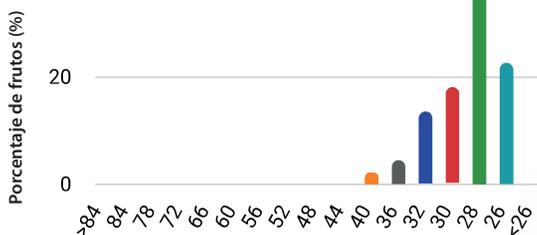
Especie	Nectarina
Portainjerto	Nemaguard
Lugar	Rinconada
Plena flor	2013-09-09
Cosecha	2013-12-27



COSECHA

Productividad	buena
Maduración	homogéneo, exterior - interior
°Brix	17
Apariencia del fruto	buena
Cubrimiento general de color	buena
Calibre general de frutos	homogéneo
Sobre color	rojo púrpura
Color de fondo	amarillo
Forma de fruto	redondo
Color de pulpa	blanca
Adhesión pulpa/carozo	semi prisco
Jugosidad	moderado
Aroma	moderado
Dulzor	extremo
Acidez	moderado
Sabor de fruto	excelente
Crocancia	extremo
Presión ecuatorial de fruto	12,5 lb
Punto más blando del fruto	hombro (12 lb)
Calibre promedio	36-40
Peso promedio fruto	195-210 g
Daños y defectos	casposidad (leve)

Distribución de calibres



VARIEDAD

Andesnec-5

DATOS GENERALES

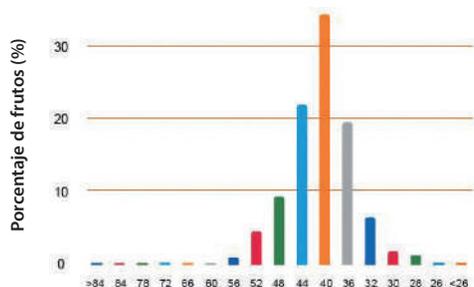
Especie	Nectarina
Portainjerto	Nemaguard
Lugar	Rinconada
Plena flor	2014-09-04
Cosecha	2015-01-07



COSECHA

Productividad	buena
Maduración	homogéneo, exterior - interior
°Brix	17
Apariencia del fruto	buena
Cubrimiento general de color	buena
Calibre general de frutos	homogéneo
Sobre color	rojo púrpura
Color de fondo	verde amarillo
Forma de fruto	redondo
Color de pulpa	blanca
Adhesión pulpa/carozo	semi prisco
Jugosidad	moderado
Aroma	leve
Dulzor	extremo
Acidez	moderado
Sabor de fruto	excelente
Crocancia	extremo
Presión ecuatorial de fruto	14,8 lb
Punto más blando del fruto	sutura (10,8 lb)
Calibre promedio	36-40
Peso promedio fruto	190-210 g
Daños y defectos	casposidad (moderado)

Distribución de calibres





VARIEDAD

Andesnec-6

DATOS GENERALES

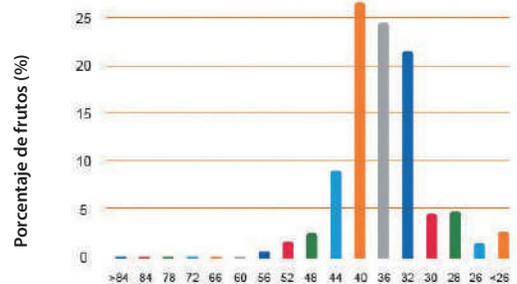
Especie	Nectarina
Portainjerto	Nemaguard
Lugar	Rinconada
Plena flor	2017-08-25
Cosecha	2018-01-23

COSECHA

Productividad	buena
Maduración	homogéneo, exterior - interior
°Brix	18,4
Apariencia del fruto	buena
Cubrimiento general de color	regular
Calibre general de frutos	homogéneo
Sobre color	rojo púrpura
Color de fondo	verde
Forma de fruto	redondo
Color de pulpa	blanca
Adhesión pulpa/carozo	semi prisco
Jugosidad	moderado
Aroma	extremo
Dulzor	extremo
Acidez	leve
Sabor de fruto	excelente
Crocancia	extremo
Presión ecuatorial de fruto	12,8 lb
Punto más blando del fruto	hombro (10,8 lb)
Calibre promedio	30-40
Peso promedio fruto	200-250 g
Daños y defectos	casposidad (leve)



Distribución de calibres









UNIVERSIDAD
DE CHILE

Proyecto apoyado por

