

Capítulo 4

Logística de cosecha para producir materia prima con potencial de postcosecha

Edgard Álvarez R.

Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

Pedro Contreras Ñ.

Técnico Agrícola

Sebastián Vargas C.

Técnico Agrícola

Camilo Vásquez M.

Ingeniero Agrónomo

Bruno Defilippi B.

Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

Para lograr una excelente calidad de los productos frescos que comercializamos, es imperativo entender la postcosecha como el resultado de la integración de las distintas etapas y condiciones de producción, considerando las variedades cultivadas, zonas y eventos climáticos, manejos de campo, y las tecnologías empleadas en el embalaje y envío. Dentro de esta cadena, la correcta labor de cosecha como manejo de campo es un momento determinante en la calidad y condición de las frutas. Un ejemplo de esto es que si bien se trata de un proceso acotado que involucra mucho menor tiempo que el crecimiento del fruto o el envío a destino, los manejos con que cosechamos un lote de fruta pueden, en algunos casos, tener en un día la misma pérdida de agua que la observada en un periodo de envío en atmósfera modificada por 30 días. Con las consecuencias que implica una pérdida de agua en el fruto en términos de calidad y condición del arándano (Capítulo 1).

La programación de cosecha está determinada por el momento en que la fruta alcanza los atributos determinados por los índices de madurez y cosecha de la especie, los que se encuentran establecidos en protocolos y normas que aúnan los criterios a obtener para que un fruto alcance una condición agradable de consumo, y que idealmente lleve al consumidor a repetir la experiencia. Estos aspectos del índice de cosecha de arándanos fueron abordados en el Capítulo 2,

por lo que nos enfocaremos en la logística de este proceso, y su efecto en la materia prima. La logística de cosecha y traslado a una planta de proceso o packing varía tanto como el número de productores, ya que estará en función del tamaño productivo, el acceso y disponibilidad a mano de obra, y la capacidad instalada en infraestructura de frío y proceso, entre otras.

De acuerdo a lo descrito por Ballou (2004), el término logística se define como la rama que procura, mantiene y transporta material, personal e instalaciones. Una definición más integrada a la actualidad proviene del Consejo de Dirección Logística o CLM (1991) que la definió como una de las partes del *Supply Chain Management*, que involucra la planificación, ejecución y control de forma efectiva y eficiente del flujo y almacenamiento de materias primas, productos o servicios. En este capítulo se abordan principalmente las variables que afectan la condición de la fruta durante el flujo de cosecha.

Dentro de los principales aspectos que debemos manejar durante la cosecha, existe una tríada de variables en las que se enfocan la mayoría de las planificaciones: i) la disponibilidad y experiencia de la mano de obra, ii) el manejo de temperatura de la fruta durante la jornada y iii) el tiempo que involucra la recolección, acopio y transporte a la planta de proceso. Estas tres variables, se encuentran enmarcadas en una cadena de puntos críticos comunes para la mayoría de los campos (**Figura 4.1**), los que deben ser identificados y monitoreados para realizar un seguimiento de estas variables en cada uno de ellos, ya que las condiciones en que se encuentran varían según la actividad a realizar.

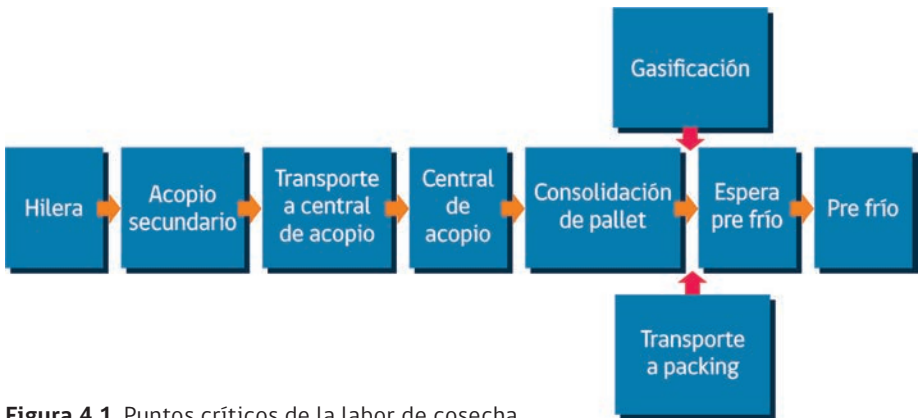


Figura 4.1. Puntos críticos de la labor de cosecha.

Otro aspecto que normalmente es menos evaluado durante la labor de cosecha es la dinámica de la humedad relativa y el déficit de presión de vapor (DPV) durante la recolección y el acopio. Si bien sabemos que los esfuerzos por evitar el aumento de temperatura del fruto apuntan también a evitar la deshidratación, es necesario desarrollar más precisión en la medida del déficit de presión de vapor, ya que el proceso de enfriamiento también tiene condiciones deshidratantes cuando no se considera el control de la humedad relativa junto a éste.

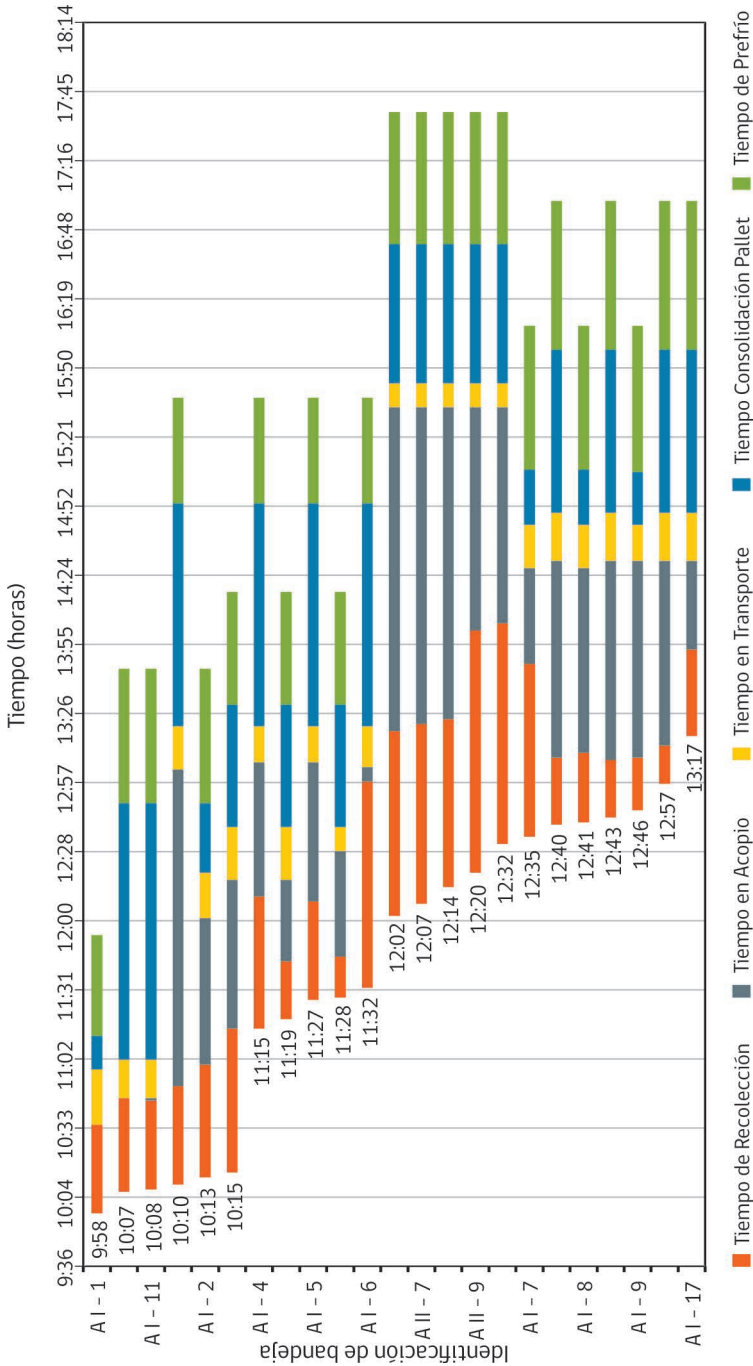
Dada la sensibilidad del arándano a los daños y deshidratación, manejar estos aspectos podría ser determinante en lograr un buen producto a destino, en especial cuando la realidad actual se vuelve más exigente en los desafíos de calidad que debemos enfrentar. A continuación, se abordarán estos aspectos en estudios realizados en la zona centro sur de Chile entre los años 2018 y 2022.

4.1 Puntos críticos de cosecha

Durante la cosecha podemos identificar 5 etapas diferenciadas que son comunes para todas las situaciones productivas, donde se incluyen desde la recolección de la fruta desde el arbusto hasta la consolidación del pallet de materia prima y posterior transporte. En algunos casos, es posible encontrar huertos o fincas que integren en el mismo campo el proceso de gasificación y/o de enfriamiento o "prefrío", aunque lo más común es que estas labores se realicen en packing.

El manejo del tiempo en la labor de cosecha debe ser abordado en cada una de estas etapas, ya que varía según la actividad que se realice (**Figura 4.2**). De esta manera, hay puntos que son regularmente constantes, como el transporte entre los acopios secundarios y el acopio central, que se encuentra determinado por el trayecto que debe recorrer el tractor; y el tiempo de gasificación y enfriamiento, que son determinados por los operadores de los equipos acorde a la decisión técnica de tiempo requerido para estas labores. Por otro lado, los puntos que involucran la cosecha, y tiempos de espera son altamente variables, ya que dependen de la experiencia y velocidad de la mano de obra; y de la capacidad de proceso y transporte del predio, respectivamente. Estos puntos fueron determinados dentro del proyecto PTEC66641, según la realidad de cuatro huertos distintos ubicados en las regiones de Maule y La Araucanía.

Figura 4.2. Tiempo de labores por etapas en distintas bandejas cosecheras. Cada línea temporal representa el seguimiento de una bandeja. A la izquierda se indica la hora a la que se inició la recolección de la bandeja.



4.1.1. Cosecha

Es el momento en el cual se extrae la fruta de la planta, y donde para la fruta fresca de exportación esta labor es obligatoriamente manual por el cuidado que requiere (Kader, 2002). Dependiendo de los materiales disponibles en el campo, esta labor puede ser comúnmente realizada con la ayuda de capachos elaborados de contenedores (tipo macetas), que son llenados hasta los 2 kg y luego trasvasijados a bandejas; recolección directamente a la bandeja, o también en algunos casos se realiza con tótem de 4 kg sin llenarlos completamente para evitar aplastamiento y daño de frutos. La labor de recolección debe necesariamente evitar cosechar cuando la fruta se encuentra húmeda, y para el caso del arándano cuidar que la manipulación no remueva la pruina afectando el *bloom*, con las consecuencias ya mencionadas en capítulos anteriores.

En el caso de que las bandejas cosecheras sean mantenidas en la hilera mientras se va recolectando, el manejo base es mantenerlas a la sombra o en los dispositivos de malla o caja que se utilizan para cubrir del sol. Sin embargo, es crucial reducir al máximo el tiempo que permanece la fruta en el campo, incluso en acopios en la cabecera de las hileras, ya que están las condiciones “ideales” de alta temperatura y baja humedad relativa para que el fruto se deshidrate e incluso gatille el proceso de ablandamiento en caso de una mayor pérdida de agua.

La cosecha es el punto más variable en tiempo (**Figura 4.2**), ya que la experiencia, la motivación, y el cansancio de la jornada de los cosecheros determinarán cuánto tardará el llenado de una bandeja y su traslado al acopio (ver Capítulo 5). En promedio, un cosechero experimentado, que cuente con la disponibilidad de fruta en campo, puede demorar entre 16 y 30 minutos en llenar una bandeja de 2,2 kg y entregarla en el acopio. Por su parte, los tiempos máximos de este proceso pueden tardar entre 1:00 y 1:40 horas en un mismo cuartel, ya sea por una recolección más lenta, o por dejar la bandeja en la hilera mientras se recolecta la siguiente. Como se mencionó, evitar que la fruta quede en la hilera es particularmente crítico cuando hay altas temperaturas, por lo que se recomienda que bajo estas condiciones la fruta sea trasladada de la hilera al acopio lo antes posible. Además, tener suficientes acopios en el cuartel disminuirá el recorrido que debe hacer el cosechero entre la planta y la entrega de la bandeja.

4.1.2. Acopio secundario

Consiste en el sector donde se acopia la fruta del cuartel, que va saliendo directamente de la entre hilera y se encuentra en espera de transporte por tractor o camión

al acopio central. Esta zona debe conservarse cubierta del sol, de modo de evitar exceso de radiación sobre la fruta y los aumentos de temperatura. Idealmente la espera en este sector debe ser un periodo corto de tiempo.

Importante es revisar y diseñar el número, ubicación y calidad de los acopios utilizados para la mantención del arándano. Por ejemplo, evitar utilizar infraestructura destinada a otros propósitos como bodegas de acumulación de materiales, mantener una limpieza adecuada del sector, verificar que efectivamente se está reduciendo la temperatura del ambiente y evitar la presencia de viento que genere una mayor deshidratación. No es extraño observar bajo ciertas condiciones acopios que más que cuidar la fruta, están generando un deterioro mayor.

El tiempo de espera en el acopio secundario dependerá de la capacidad del campo de recolectar la fruta de los cuarteles y transportarla al acopio central. En promedio, este momento puede alcanzar hasta 2 horas. En muchas ocasiones, lograr un retiro continuo de fruta desde el acopio secundario al acopio central es un gran desafío para el productor, por lo que esta espera debe ser manejada en dos formas: tratar de realizar recorridos más seguidos para el retiro de fruta, y en caso de dificultad para aumentar los recorridos, asegurar que el acopio secundario tenga suficiente sombra y evite la exposición de la fruta al calor.

4.1.3. Transporte a central

Realizado por tractor, camión, u otros vehículos. Se refiere al transporte intrapredial, en el cual la fruta es recogida del acopio secundario en la hilera y llevada al acopio central del campo, desde donde saldrá al *packing*. Este recorrido suele ser de corta duración y conocido ya que son tramos definidos dentro del huerto, por lo que pueden ser más fácilmente controlados.

4.1.4. Central de acopio

Es el punto donde toda la producción del huerto es acopiada y preparada para el traslado a *packing*, y en algunos casos para ingreso a gasificación de sulfuroso y prefrío previo al traslado. Este sector debe ser un recinto cerrado, limpio, cubierto de la radiación, que evite el alza de temperatura de la fruta y el libre acceso de insectos al interior.

4.1.5. Consolidación del pallet de materia prima

El armado del pallet de bandejas tiene como propósito facilitar el traslado de la materia prima y constituye la unidad mínima de loteo para el proceso, a la cual se

le asignará una “tarja” o identificación que especifica el origen de la fruta, fecha y variedad. Este proceso puede ser realizado en campo o en la recepción a proceso, según se disponga en el envío que realice el huerto y las disposiciones del *packing*.

4.1.6. Transporte a proceso o *packing*

El transporte a *packing* tiene que favorecer el envío desde el huerto a la central frutícola, con las precauciones de mantener una temperatura media a baja y evitar la exposición de la fruta al sol y al viento del traslado. El envío por camión refrigerado entre 10 y 15 °C aproximadamente será crítico cuando se tengan que recorrer largas distancias entre el huerto y el *packing*.

4.1.7. Gasificación

El proceso de gasificación, mencionado en los Capítulos 6 y 7, es uno de los puntos críticos más importantes logísticamente, ya que normalmente resulta en un “cuello de botella” considerable en los *peaks* de cosecha. Una de las recomendaciones logísticas más elementales para la instalación de una cámara de gasificación en el huerto, es que debe estar planificada para procesar el máximo de producción diaria en plena temporada.

Considerar que este proceso reúne todas las condiciones para deshidratar la fruta, incluyendo alta temperatura, baja humedad relativa y la exposición de la fruta a un flujo de aire interno. Se ha observado que dependiendo de estas condiciones y del tiempo de gasificación los niveles de pérdida de agua en esta etapa varía de 0,2 a 0,8%, lo cual es bastante considerando que es una etapa que dura de 15 a 30 minutos. Por lo tanto, antes de decidir gasificar la materia prima es necesario considerar, (i) evaluar la necesidad real de gasificar la materia prima, (ii) tener la capacidad necesaria de gasificación de acuerdo al volumen cosechado, (iii) revisar la instalación y diseño de la cámara de gasificación. y (iv) optimizar el protocolo de gasificación para que por un lado permita tener el efecto sanitizante que se busca con el SO₂, y por otro no genere un efecto negativo en términos de pérdida de agua desde el fruto.

4.1.8. Enfriamiento

Enfriar la fruta es el segundo paso que genera una espera importante de la cadena logística. Aunque este proceso se realiza normalmente en *packing*, existen huertos que han integrado este proceso en campo. La complejidad de realizar un enfriamiento en el huerto es que determina el inicio de la cadena de frío, así que

se debe contar con las condiciones que aseguren la mantención de la temperatura alcanzada, lo que involucra la instalación de cámaras de frío de mantención y transporte refrigerado al *packing*.

4.2. Temperatura y deshidratación durante la cosecha

La principal preocupación de cualquier cosecha de fruta fresca es la de disminuir la temperatura lo más rápidamente posible, y de la misma manera, evitar que ésta aumente en el campo. Para esto, se trata de mantener un flujo rápido y constante de fruta hasta el *packing*. Evidentemente, las condiciones climáticas presentes el día de cosecha son determinantes en el manejo de temperatura (Figura 4.3). De

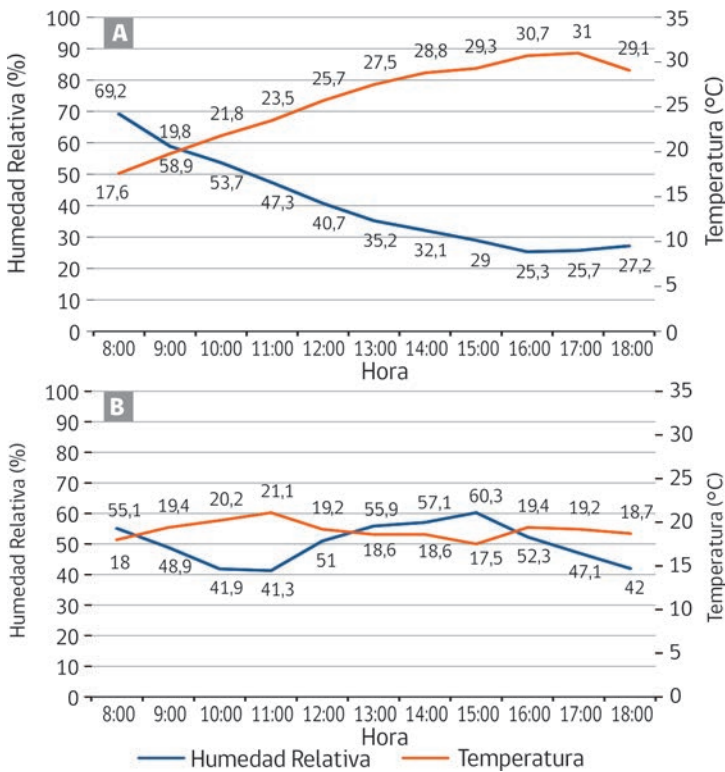


Figura 4.3. Temperatura y humedad relativa ambiental en días soleado (A) y nublado (B) a lo largo de una jornada de cosecha y envío a packing, en la localidad de Cauquenes, Región del Maule.

esta manera, los días cálidos serán más críticos, forzando al sistema de cosecha a su máxima eficiencia para mantener la condición de la fruta. En un día soleado de diciembre, las temperaturas en la zona centro y centro-sur de Chile pueden alcanzar y superar fácilmente los 30 °C, a la vez que la humedad relativa del ambiente puede disminuir hasta el 20%. Esto favorecerá que la fruta cosechada se deshidrate, lo cual es un gran problema para el arándano, ya que el fruto pierde agua fácilmente a través de la epidermis y herida pedicelar (Moggia *et al.*, 2017), lo cual se traducirá en una pérdida de firmeza cuando la deshidratación es superior al 2% en el fruto (Paniagua *et al.*, 2013) (Capítulo 1).

De las mediciones realizadas en la Región del Maule, en las variedades Brightwell y Legacy, se observó que, en un día soleado hasta los 31 °C, se puede perder en promedio hasta 1,8% (Figura 4.4) del peso al final de la jornada de cosecha. Es importante considerar esta pérdida, ya que la mayoría de las veces, sólo se toma en cuenta el peso perdido entre el momento de inicio y fin del periodo de almacenaje, sin contar la que ocurre entre la recolección y el embalaje. Si se compara esta pérdida en el campo con la ocurrida en un envío de arándanos por 30 días, veremos que en un almacenaje en bolsa de atmósfera modificada se pueden perder entre 0% y 0,5% del peso dependiendo de la bolsa, mientras que un envío en bolsa perforada puede alcanzar entre un 3% a 7% de pérdida de peso (Borecka & Plitzka, 1985; Rodríguez & Zoffoli, 2017), por lo cual, considerar la pérdida de campo es igualmente importante para entender los síntomas de deshidratación en destino.

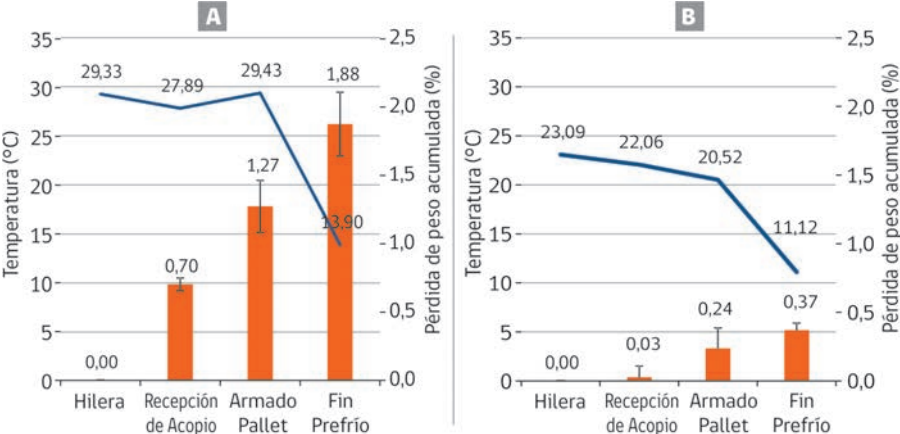


Figura 4.4. Temperatura y pérdida de peso acumulada entre la recolección (hilera) y el término del proceso de enfriamiento en A) día soleado y B) día nublado. En la comuna de Cauquenes, Región del Maule.

Por otra parte, los días nublados por su menor temperatura y mayor humedad relativa tienen menos condiciones de deshidratación de la fruta. En promedio, la pérdida de peso en estos días puede llegar al 0,4% cuando la temperatura se mantiene cercana a 20 °C y sobre 40% de humedad relativa. Si bien esta condición permite más libertad de acción en la logística, no es recomendable en ningún caso confiarse de ella para demorar los procesos.

Otro aspecto importante a tener en consideración al planificar el manejo de la deshidratación en la logística de cosecha, es que no todos los arándanos pierden agua de la misma manera, lo que implica que algunas variedades pueden ser más propensas a perder agua, mientras otras lo son menos. En este respecto, Moggia *et al.* (2016) indican que la deshidratación de los arándanos se ve influenciada por la variedad y por el estado de madurez, de modo que tras 45 días de almacenaje a 0 °C sin bolsa, los arándanos variedad Duke perdieron 16,6% del peso inicial, mientras los de la variedad Brigitta perdieron 7,8% en promedio.

4.3. Temperatura y logística de enfriamiento

Por la cantidad de fruta proveniente en todo momento del campo durante la jornada de cosecha, es normal tener pallets de materia prima que serán ingresados a enfriamiento con alta variabilidad de temperaturas entre las bandejas que lo conforman (**Figura 4.5**), es importante que al momento de tomar la medida de temperatura inicial y final se consideren estas variaciones de modo de tener en cuenta la mayor temperatura que debe bajarse. Normalmente, estas diferencias ocurren por distintos tiempos de espera, donde en ocasiones algunas bandejas alcanzan a ser entregadas justo en el momento de envío desde el acopio de campo al acopio central, mientras

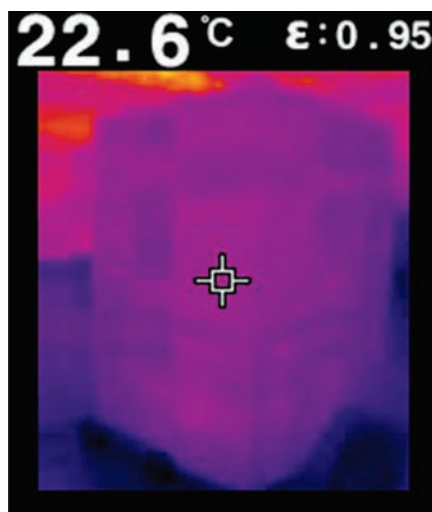


Figura 4.5 Imagen termográfica de un pallet de materia prima conformado por bandejas cosecheras de 2,2 kg a espera de enfriamiento. Se identifican zonas en donde las bandejas se encuentran más calientes (rosadas) y otras donde se encuentran más frías (azules), lo que implica variabilidad de temperaturas en un mismo lote de fruta.

otras deben esperar a la próxima recolección. Igualmente, en la hilera, algunas se entregarán al acopio del cuartel rápidamente, mientras otras pueden permanecer en la hilera. Disminuir los tiempos de estos flujos puede contribuir a la uniformidad de las temperaturas entre bandejas, en el mismo sentido, cuando hay temperaturas muy altas es recomendable que las bandejas no permanezcan en la entre hilera mucho tiempo, de modo que se priorice dejarlas en el acopio

4.4. Concepto del Déficit de Presión de Vapor (DPV) y su aplicación para mejorar la logística

En las mediciones de deshidratación y como parte de la dinámica de la humedad relativa, cada vez se ha ido rescatando más y ha ganado más importancia el concepto del déficit de presión de vapor o DPV, una de las variables de la psicrometría que ha sido usada ampliamente en la agricultura, en particular relacionada a temas como la evaporación y transpiración de las plantas (Grossiord *et al.*, 2020), o en el manejo de invernaderos (Prenger & Ling, 2000). En la actualidad, la fruticultura chilena ha rescatado esta variable para medir manejos de control de la humedad que disminuyan la deshidratación de la fruta en el huerto y en el proceso de enfriamiento del *packing*. El déficit de presión de vapor se define como la diferencia, o déficit, de la cantidad de humedad presente en el aire y de la cantidad que éste puede retener cuando se satura (Prenger & Ling, 2017). Dicho de otra manera, el aire va a necesitar una cierta cantidad de agua para saturarse, y mientras más agua le falte a este aire para llegar a su saturación, mayor será el déficit de presión de vapor.

Por otro lado, el vapor de agua ejerce presión de acuerdo con la cantidad de moléculas presentes, ya sea en el aire como vapor o en un líquido que transfiere agua al aire por evaporación (Tejeda-Martínez *et al.*, 2018). Como los sistemas siempre tienden al equilibrio, el aire que tenga un déficit de presión de vapor, y por ende baja cantidad de agua, captará moléculas de dónde haya en mayor cantidad. Para todos los casos, los productos hortofrutícolas frescos, como los arándanos, se encuentran saturados de agua, por lo que al ser expuestos a déficits de presión de vapor se deshidratan a una velocidad proporcional al nivel de déficit en que se encuentren.

Por termodinámica, la cantidad de agua que el aire puede retener es mayor a altas temperaturas y menor a bajas temperaturas, por lo que enfriar el aire y la fruta lo más rápidamente posible es crucial para disminuir la cantidad de

agua que retiene el aire y con ello disminuir el déficit de presión de vapor y la transferencia de moléculas desde el fruto al ambiente. Por parte del fruto, la alta temperatura va a promover que las moléculas de agua en contacto con el ambiente sean más fácilmente transferidas desde el estado líquido al gaseoso. Entender este concepto nos ayuda a esclarecer la importancia de la disminución rápida de la temperatura, ya que mientras más tiempo se encuentre el fruto en un aire con déficit de presión de vapor alto, más se deshidratan. Mantener ambientes con alta humedad relativa también es beneficioso para disminuir el DPV cuando aún no se ha llegado al proceso de enfriamiento, pero en los arándanos promover este tipo de ambientes podría afectar la fruta por la cantidad de agua libre, favoreciendo el desarrollo de hongos y posiblemente una pérdida del *bloom*. Otro de los manejos que se han desarrollado involucra el uso de sistemas de enfriamiento en el huerto, de modo que la fruta sea acopiada en mini cámaras o camiones refrigerados, lo cual podría solucionar de buena manera el aumento de temperatura durante la jornada, pero aún falta por describir qué niveles de humedad relativa, condensación y DPV existen en un sistema como éste.

4.5 Comentarios finales

De los conceptos revisados en este capítulo es crucial considerar que cada unidad productiva debe evaluar los procedimientos actuales que realiza de manera de optimizar los recursos, y al mismo tiempo obtener una materia adecuada a proceso. Esta optimización parte por la cuantificación de distintos factores críticos para una adecuada logística, incluyendo (i) la medición de temperatura y humedad relativa a la cual se realizan los procesos desde cosecha, (ii) conocer los puntos críticos que generan retrasos y mayor pérdida de agua desde el fruto y (iii) cuantificar los tiempos reales de cada etapa. Una información necesaria para optimizar es conocer los rangos de las variables o factores medidos, y no solamente las medias o promedios. La cosecha y logística, al igual que otras etapas productivas, es un proceso dinámico afectado por distintas contingencias, y para poder responder como productor frente a estos cambios es necesario manejar la información adecuada.

4.6 Referencias

- Ballou, R.H., 2004. Logística, administración de la cadena de suministro. V Edición, Editorial Pearson Educación, México.
- Borecka, H.W., Pliszka, K., 1985. Quality of blueberry fruit *Vaccinium corymbosum* L. stored under LPS, CA, and normal air storage. *Acta Hort.* 165, 241-250
- Council of Logistics Management., 1991. Normas del Consejo de Dirección Logística, www.clm1.org
- Grossiord, C., Buckley, T., Cernusak, L., Novik, K., Poulter, B., Siegwolf, R., Sperry, J., McDowell, N., 2020. Plant responses to rising vapor pressure deficit. *New Phytologist* 226, 1550-1566.
- Kader, A.A., 2002., *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. University of California Agriculture and Natural Resources, California.
- Moggia, C., Beaudry, R.M., Retamales, J.B., Lobos, G.A., 2017. Variation in the impact of stem scar and cuticle on water loss in highbush blueberry fruit argue for the use of water permeance as selection criterion in breeding. *Postharvest Biology and Technology* 132, 88-96
- Moggia, C., Graell, J., Lara, I., Schmeda-Hirschmann, G., Thomas-Valdés, S., Lobos, G.A., 2016., Características de la fruta y triterpenos de la cutícula en relación con la calidad poscosecha de arándanos highbush. *Scientia Horticulturae* 211, 449-457
- Paniagua, A.C., East, A.R., Hindmarsh, J.P., Heyes, J.A., 2013. Moisture loss is the major cause of firmness change during postharvest storage of blueberry. *Postharvest Biology and Technology* 79, 13-19
- Prender, J., Ling, P., 2017. Greenhouse condensation control: Understanding and using Vapor Pressure Deficit (VPD). Ohio State University Extension Fact Sheet AEX-804.

Prenger, J.J., Ling, P.P., 2000. Greenhouse Condensation Control. Fact Sheet (Series) AEX-800. Ohio State University Extension, Columbus, OH.

Rodríguez, J., Zoffoli, J.P., 2016. Effect of sulfur dioxide and modified atmosphere packaging on blueberry postharvest quality. *Postharvest Biology and Technology* 117, 230-238

Tejeda, A., Méndez, I., Rodríguez, N., Tejeda, E., 2018. *La humedad en la atmósfera, bases físicas, instrumentos y aplicaciones*. Editorial Universidad de Colima, México.