

Dr. David Rudell, experto en el área metabólica de la fruta. Su colaboración científica se centra en el estudio de desórdenes fisiológicos que afectan la piel y pulpa de las manzanas.



Dr. Alun Howells, de Escocia, se incorporó a trabajar en el CP en el contexto del nuevo equipamiento, gracias a un convenio con el Centro de Estudios de Alimentos Procesados (CEAP).

Susanne Dombrowski, Directora de Graduados de la Zürich University of Applied Sciences, Suiza, visitó el CP el 8 de agosto. El Dr. David Rudell, especialista en postcosecha de la WSU, realizó del 28 de julio al 15 de agosto, una

estadía de investigación, a fin de poner a punto la metodología de análisis de compuestos a través de HPLC-Masa, nuevo equipo adquirido por el CP. El Dr. Rudell aprovechó de dar una conferencia durante la Reunión Técnica Nr. 100.



► Drs. J.A.Yuri, Susanne Dombrowski y Hermine Vogel



► Drs. J.A.Yuri, Carolina Torres y David Rudell



CLIMA

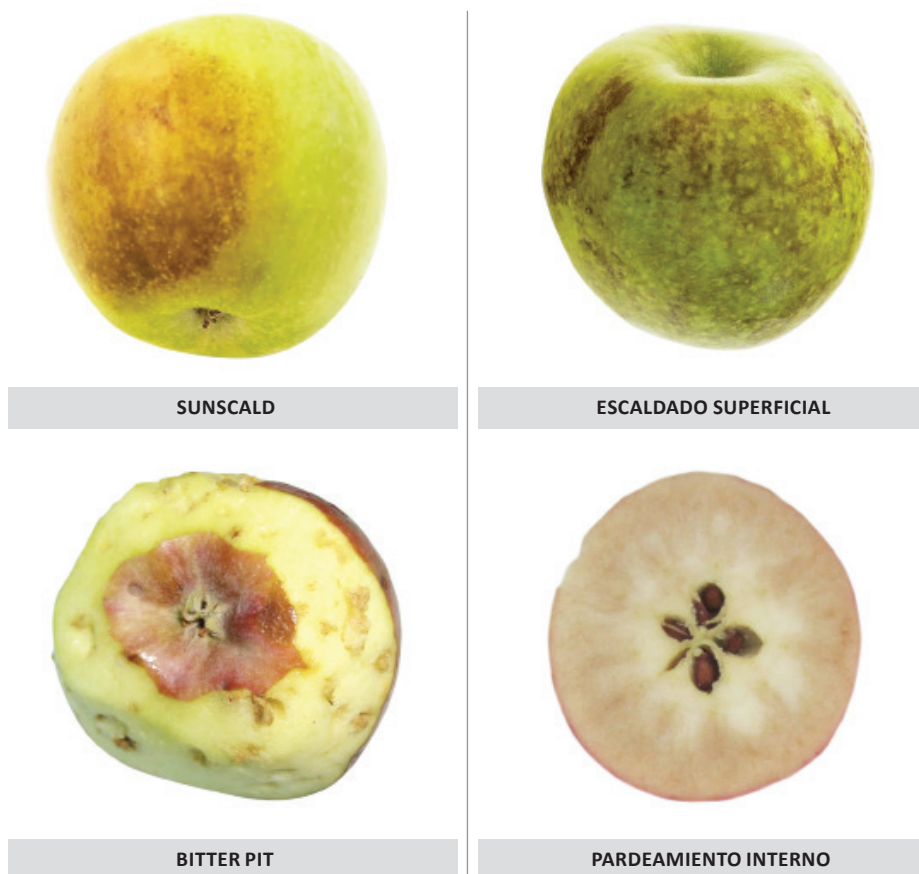
El manzano soporta hasta -35°C , mientras que los portainjertos de éste sólo toleran hasta -15°C

Desórdenes Fisiológicos: Bio-marcadores para estimar el riesgo de aparición en postcosecha de manzanas.

Carolina Torres del Campo Ing. Agr. PhD. | cartorres@utalca.cl
Omar Hernández Céspedes Ing. Agr. | omhernandez@utalca.cl

La incidencia de desórdenes fisiológicos durante la postcosecha es muy variable e impredecible, ya sea por las condiciones climáticas en donde se desarrollan los frutos, como manejos de postcosecha. Los bio-marcadores podrían ser una herramienta muy útil para la producción, dado que permitirían conocer el riesgo asociado a cada uno de ellos y de esta forma minimizar las pérdidas.

DESÓRDENES FISIOLÓGICOS



Durante la postcosecha de manzanas, se pueden expresar una serie de desórdenes fisiológicos tales como, escaldado superficial (ES), pardeamiento interno, sunscald o escaldadura por sol, bitter pit, entre otros (**Foto 1**), cuyos factores predisponentes se encuentran tanto en pre como en postcosecha. Dentro de estos últimos, la temperatura y atmósfera (niveles de gases), y el tiempo de guarda juegan un rol fundamental. Poder contar con herramientas tecnológicas que permitan conocer la susceptibilidad o riesgo que presentarían diferentes lotes de fruta, a cada uno de estos desórdenes, previo o durante la guarda en frío, sería de gran ayuda para la industria manzanera. Dentro de las ventajas que tendría el uso de bio-marcadores se encuentra el poder transformarse en una herramienta de segregación de fruta, lo que permitiría optimizar las condiciones de guarda y minimizar incidencia de un determinado desorden fisiológico, no sólo durante el almacenamiento, sino también en mercados de destino. Esto último, es de gran relevancia, ya que los costos de re-embalaje en destino son muy elevados y la pérdida de confianza de los compradores son determinantes para el negocio. En el caso de 'ES' (**Foto 2**), la eliminación de la difenilamina (DPA) de la lista de pesticidas aceptados por la Unión Europea, puso en jaque el control de este desorden fisiológico en manzanas y peras en el mundo, por lo que en la actualidad existe un

Foto1. Algunos de los desórdenes fisiológicos importantes.

Dentro de las ventajas que tendría el uso de bio-marcadores se encuentra el poder transformarse en una herramienta de segregación de fruta.

esfuerzo común para encontrar anti-escaldantes de reemplazo, no sólo de naturaleza química (de preferencia inocuos para la salud humana y naturales), sino también tecnológicos y noveles, categoría en la cual se enmarca el uso de bio-marcadores, metabolitos, proteínas o genes, como predictores del desorden. A pesar que muchos de estos desórdenes fisiológicos pueden ser mitigados o reducidos con aplicaciones de productos químicos o manejos durante la guarda, en ocasiones no es posible tener un control 100% efectivo de ellos y por lo tanto, el uso de bio-marcadores podría reducir este grado de incertidumbre. Por ejemplo, el 1-MCP (1-metilciclopropeno), un inhibidor de la acción del etileno, ha mostrado tener muy buenos resultados en el control de 'ES' en manzanas, siempre y cuando la aplicación sea en fruta con

un estado de madurez determinado, y el tiempo entre cosecha y aplicación no exceda los 7 días (Mattheis et al., 2002, Jung y Watkins, 2008), lo cual en la práctica no ocurre con precisión, afectando negativamente la acción anti-escaldante de este producto. El uso de atmósferas controladas dinámicas (ACD, ultra bajo oxígeno), basadas en el control dinámico del O₂ de acuerdo al monitoreo de parámetros fisiológicos de los frutos, entró fuertemente en el mercado chileno cuando se prohibió el uso de DPA en el mercado Europeo, con la idea de controlar 'ES' y prescindir de 1-MCP. Sin embargo, dadas las condiciones productivas y comerciales chilenas, los tiempos de guarda en frío convencional y tránsito de fruta post-apertura de las cámaras de ACD es variable (30-90 días), permitiendo la expresión de 'ES' en muchos casos.

METABOLITOS, COMO HERRAMIENTA PREDICTORA

El estudio del metabolismo asociado a 'ES' lleva 50 años; sin embargo, en los últimos siete, dadas las nuevas técnicas analíticas existentes, a dado un gran salto cuantitativo a lo conocido como metabolómica, la cual mira todos los metabolitos producidos en una condición fisiológica particular, a la vez (Rudell et al., 2009; Farneti et al., 2014). Esta técnica ha permitido detectar compuestos conocidos y otros nuevos, que están involucrados en la expresión de este desorden y que podrían transformarse en bio-marcadores de este desorden. Para la obtención de estos bio-marcadores, primero deben identificarse metabolitos, proteínas y/o genes activados durante el desarrollo del desorden en post-cosecha, en fruta sometida a diferentes tipo de guarda, tratamientos, etc., Luego, viene una etapa larga y compleja de procesamiento estadístico de la información, en donde los análisis multivariados son los más indicados para este tipo de datos (Rudell et al., 2009; Farneti et al., 2014). La expresión de síntomas en este des-

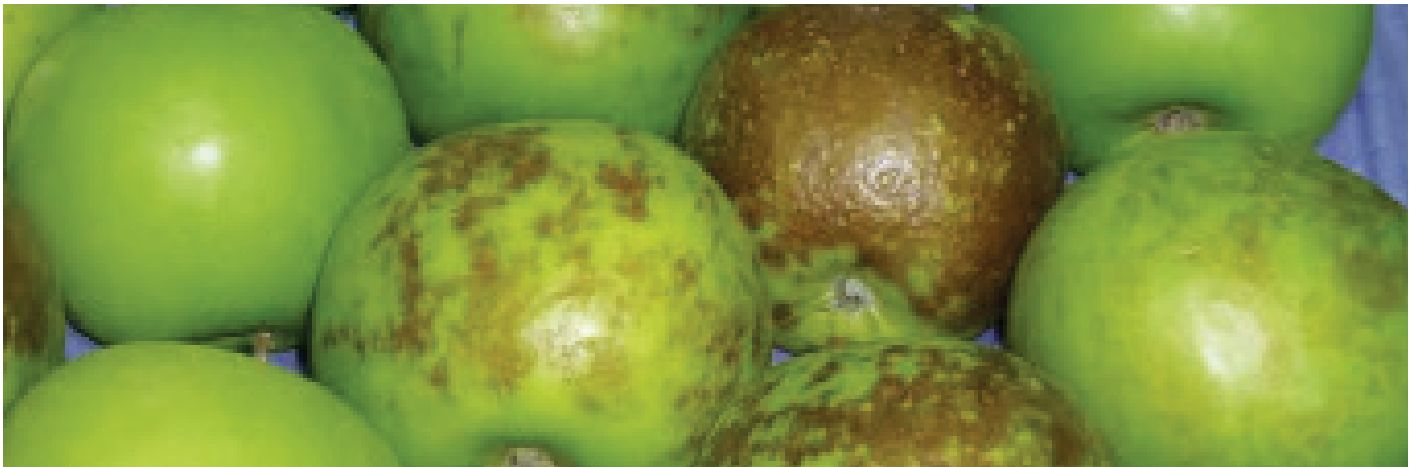


Foto 2. Escaldado superficial en manzanas cv. Granny Smith.



Foto 3: Descarte de frutos con defectos en packing.

orden fisiológico puede ocurrir a los 3 meses de almacenaje; no obstante, los estudios metabólicos demuestran que la inducción del problema se produciría temprano durante el almacenamiento en frío (Rudell y Watkins, 2011). Dado lo anterior, algunos de estos metabolitos podrían ser bio-marcadores para el desarrollo de una herramienta predictora temprana. Además del 'ES', en otros desórdenes fisiológicos, como el soft scald, soggy breakdown y daño por CO₂, están utilizando esta misma metodología, con el objetivo de encontrar bio-marcadores que permitan predecir la susceptibilidad de cada uno de ellos en postcosecha. Es importante tener en cuenta que las condiciones climáticas y de manejo son diferentes en cada país; por lo tanto, las nuevas tecnologías deben ser validadas antes de ser utilizadas en forma masiva en el mundo.

MODELOS DE PREDICCIÓN DE ESCALDADO SUPERFICIAL

En la actualidad, no existen herramientas predictivas con un grado de certeza aceptable, a nivel comercial, que permitan conocer la susceptibilidad de un lote de fruta en particular,

a presentar 'ES' durante el almacenamiento prolongado o posterior. Dado el componente de precosecha que tiene el desarrollo de 'ES' en manzanas y peras, se han desarrollado modelos de predicción a base de información climática e índices de madurez, para predecir su aparición en postcosecha. Un ejemplo de ello lo constituye el modelo desarro-

llado por la Universidad del Estado de Washington, EE.UU, WSU-TFREC Decision Aid System (DAS), con sus condiciones productivas locales. En cuanto a métodos bioquímicos de predicción e identificación de 'ES', la concentración de α -farneseno y trienos conjugados, producto de la oxidación de α -farneseno, ha sido extensamente utilizado desde la década de los 80'. Sin embargo, su capacidad predictora es inconsistente, especialmente en la actualidad con las tecnologías de postcosecha utilizadas. Moggia et al. (2009), encontró correlaciones aceptables entre trienos conjugados (específicamente el TC281) medidos a los 3 meses de guarda y la incidencia de 'ES' luego de 6 meses. Sin embargo, la incidencia de ES puede llegar a ser al menos 30% luego de 3 meses de guarda (**Figura 1**). Giné et al., (2013) propusieron estimar la tasa de acumulación de algunos de estos compuestos antes de los 50 días de almacenaje, para predecir el riesgo o susceptibilidad a presentar 'ES' en manzanas postcosecha.

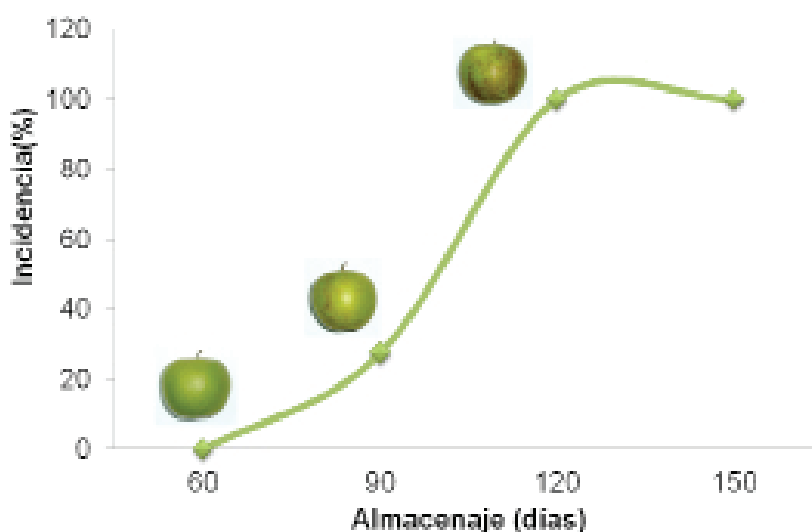


Figura 1. Incidencia de escaldado superficial en manzanas cv. Granny Smith almacenadas en frío convencional (0°C y 85-90% HR). Temporada 2011/12. Curicó, cosecha 15/03/12.

LITERATURA CONSULTADA:

- ▶ **Farneti, B., Busatto, N., Khomenko, I., Cappellin, L., Gutierrez S., Spinelli, F., Velasco, R., Biasioli, F., Costa, G. y Costa, F. 2014.** Untargeted metabolomics investigation of volatile compounds involved in the development of Apple superficial scald by PTR-ToF-MS. *Metabolomics*.
- ▶ **Giné, J., Matthieu-Hurtiger, V., Westercamp, P., Coureau, C., Dupille, E. y Larrigaudiere, C. 2013.** Dynamic changes in conjugated trienols during storage may be employed to predict superficial scald in 'Granny Smith' apples. *Food Science and Technology*. 54:535-541.
- ▶ **Jung, S. y Watkins, C.B. 2008.** Superficial scald control after delayed treatment of apple fruit with diphenylamine (DPA) and 1-methylcyclopropene (1-MCP). *Postharvest Biology and Technology* 50:45-52.
- ▶ **Mattheis, J., Fan, X. y Argenta, L. 2002.** Factors influencing successful use of 1-MCP. *Washington Tree Fruit Postharvest Conference*. Pag. 1-3.
- ▶ **Moggia, C., Hernández, O., Pereira, M., Lobos G. y Yuri, J.A. 2009.** Effect of the cooling system and 1-MCP on the incidence of superficial scald in 'Granny Smith' apples. *Chilean Journal of agricultural research*. 69 (3):383-390.
- ▶ **Rudell, D., Mattheis, J.P. y Hertog, M.L.A.T.M. 2009.** Metabolic Change Precedes Apple Superficial Scald Symptoms. *J. Agric. Food Chem.* 57, 8459-8466.
- ▶ **Rudell, D. y Watkins, C.B. 2011.** Predicting storage disorders by developing diagnostic toolboxes. *New York Fruit Quarterly*. Vol. 19. N° 4. pag. 21-24.

Resumen de Investigaciones

EFFECTO DE LA REDUCCIÓN DE ALTURA DEL ÁRBOL Y CARGAS FRUTALES DIFERENCIALES SOBRE LA CALIDAD Y PRODUCCIÓN DE MANZANOS CV. ULTRA RED GALA SOBRE PORTAINJERTO MM 111.

(SCHIFFERLI, K. 2010. MEMORIA DE GRADO. U. DE TALCA, 38 P. PROF. GUÍA: YURI, J.A.).

Durante la temporada 2009/2010 se realizó un estudio en el Huerto Agropacal S.A., ubicado en la zona de San Clemente – Región del Maule, Chile. El objetivo fue determinar el efecto de la reducción altura del árbol e intensificación de la carga frutal sobre la producción y calidad de fruta en manzanos cv. Ultra Red Gala/MM111. Los tratamientos consistieron en tres alturas de planta: 2,5; 3,0; 3,6 m y 2 niveles de carga: 2,6 y 3,7 frutos/ASTR y combinados. Las evaluaciones consistieron en perímetro de tronco, área sección transversal de tronco y rama (ASTT, ASTR). A cosecha comercial se evaluaron los siguientes indicadores productivos: peso (distribución de calibre), color de cubrimiento (distribución de categorías de color), daño por sol y parámetros de madurez. En forma complementaria se realizó una cuantificación de la eficiencia en el tiempo de cosecha. Los resultados demostraron que la calidad y productividad de la fruta, no mostró una interacción marcada entre altura de copa y carga frutal. Una proporción importante de la fruta se concentró entre el rango de calibre 90 y 100; por su parte, la distribución de color fue mayoritariamente para las categorías Extra Fancy y Premium. La incidencia de alteraciones a cosecha

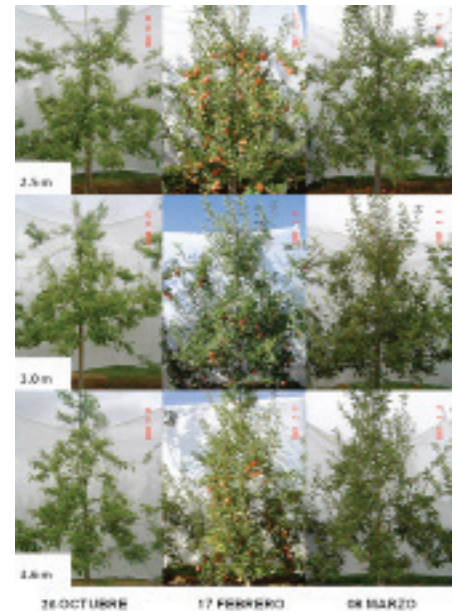


Foto 4. Distintas alturas de plantas.

- daño por sol principalmente - indicó que no se registraron efectos entre la altura de copa y carga frutal, respecto del aumento o disminución de la cantidad de fruta afectada, pues se trató de una temporada con alto porcentaje de fruta sana (>90%). La disminución de la altura de copa y los distintos niveles de carga frutal, no indicaron modificaciones en las variables de crecimiento del árbol. No se produjo reducción en el potencial de vigor de la planta para la siguiente temporada. Las distintas alturas de copa, presentaron diferencias respecto del número de ramas por árbol, donde aquellos de 3,6 m. presentaron la mayor cantidad de ramas, lo cual se tradujo en volumen de copa más alto. Por su parte, la carga frutal no logró influenciar dichos parámetros de vigor de la planta. La eficiencia de cosecha en función del tiempo, no presentó relación a las distintas alturas de copa, sino más bien a los distintos niveles de carga.

Resumen Climático



Foto 5. Si bien el manzano en receso puede soportar $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$, los portainjertos sólo toleran $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

RECESO INVERNAL

La suspensión del crecimiento es el fenómeno conocido como dormancia. En frutales destacamos tres tipos: Paradormancia, cuando una estructura no crece influida por factores fisiológicos externos a ella. El ejemplo típico es la dominancia apical; Endodormancia, regulada por factores fisiológicos internos, que es el caso del receso invernal; y Ecodormancia, que corresponde a la suspensión del crecimiento por factores ambientales (bajas o altas temperaturas, falta de agua, etc.). Una vez que el árbol se desprende de sus hojas en otoño, entra en un

estado de endodormancia o receso. Así, supera inviernos con temperaturas (T°) adversas (**Foto 5**). Luego de cumplido éste, la planta entra en el estado de ecodormancia y sólo comienza a brotar en respuesta al alza de temperatura en primavera. Cuantificar la exposición a bajas temperaturas (T°) es la forma más efectiva de estimar el cumplimiento del receso. Para ello existen métodos de cálculo basados en la T° ambiental, que registra la estación meteorológica en forma continua. Las temperaturas más efectivas estarían entre los $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $8\text{ }^{\circ}\text{C}$. El método más básico corresponde a la asignación de una unidad de frío por cada

hora en que la temperatura ambiental estuvo bajo los $7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sin embargo, el más extendido es el modelo Richardson o Utah, que entrega un valor diferenciado de frío de acuerdo a la temperatura de exposición. El requerimiento de frío variará de acuerdo a diversos factores. Los más determinantes son:

- ▶ Especie y cultivar (Cuadro 1)
- ▶ Estación precedente. Un otoño cálido retrasa entrada en receso
- ▶ Caída de hojas. Es necesario un 50% de caída para el inicio de recuento de frío
- ▶ Tipo de yema. Ordenadas de menor a mayor: yemas frutales, laterales vegetativas y primarias de dardos
- ▶ Lluvia. Alta precipitación durante el receso, disminuye las necesidades de frío
- ▶ Nivel de reservas. Árboles utilizan más energía para completar el receso con poco frío

Cuadro 1. Requerimientos de frío de diferentes cultivares de manzano.

CULTIVAR	UNIDADES DE FRÍO
Cripp's Pink	< 500
Granny Smith	600-800
Braeburn	1.050
Grupo Fuji	1.050
Grupo Gala	1.150
Grupo Delicious	1.200-1.300

Al 15 de julio, la acumulación de frío ha sido positiva (**Cuadro 2**). En términos de unidades Richardson, que muestra mejor relación con lo que capta la planta, la cantidad de frío durante 2014 ha sido mayor que la acumulación promedio de los últi-

mos siete años en la mayoría de las localidades monitoreadas. Cuando se examina el número de horas con T° bajo $7\text{ }^{\circ}\text{C}$, ésta ha sido menor a la media de los últimos años. Ello indica un invierno no extremadamente frío, sino con registro de temperaturas en

el rango más efectivo para completar los requisitos de frío del manzano. En la Región del Maule, con excepción de microclimas particulares como Sagrada Familia, ya se cumplirían las necesidades de Gala, donde el 50% de caída de hojas fue a fines de abril.

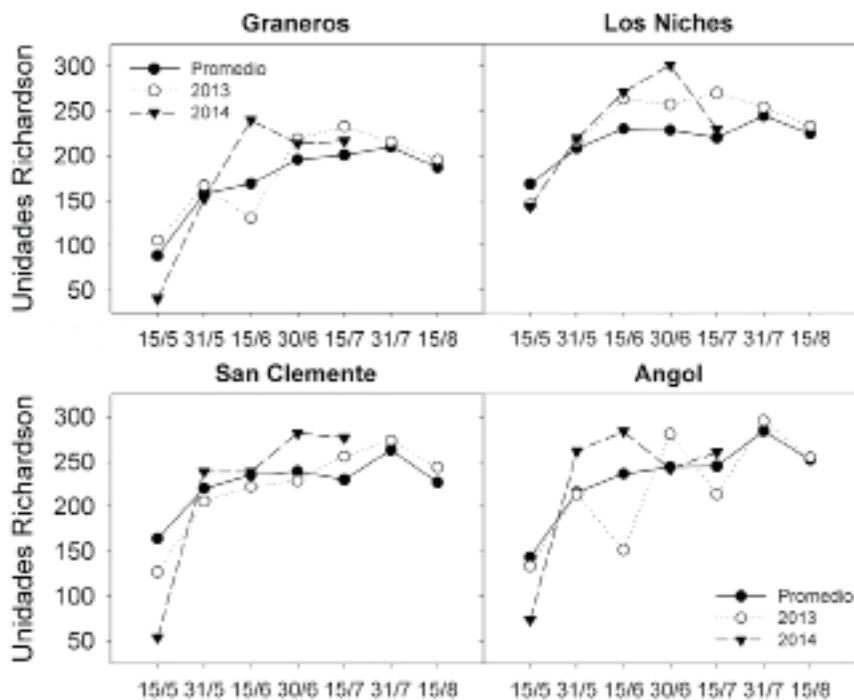
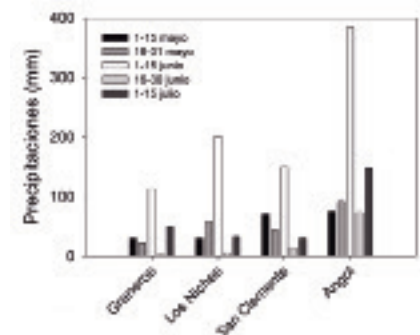
Cuadro 2. Frío acumulado entre 1 de mayo al 15 de julio.

LOCALIDAD	UNIDADES DE FRÍO RICHARDSON				HORAS CON T° BAJO 7 °C			
	PROMEDIO 2007-13	2013	2014	VARIACIÓN (%)	PROMEDIO 2007-13	2013	2014	VARIACIÓN (%)
GRANEROS	763	857	860	12.3	789	701	733	-11.2
MORZA	932	1.034	989	10.9	827	665	692	-19.6
LOS NICHES	1.042	1.159	1.164	11.2	820	824	748	0.5
SAGRADA FAMILIA	-	932	1.011	-	-	593	599	-
MOLINA	1.079	1.149	1.149	6.5	644	651	468	1.1
RÍO CLARO	1.097	1.193	1.149	8.8	820	790	743	-3.7
SAN CLEMENTE	1.093	1.068	1.114	-2.3	712	621	660	-12.8
ANGOL	1.056	995	1.123	-5.8	541	389	488	-28.1
FREIRE	1.143	998	1.055	-12.7	-	-	-	-

El aporte de frío ha sido irregular, comenzó muy bajo en la primera quincena de mayo, compensándose en junio con una acumulación mayor a lo normal, en términos de

unidades Richardson (**Figura 2**). Esta fluctuación parece estar relacionada con la cantidad de lluvia. En general, las precipitaciones han estado en torno a lo normal o sobre él, con

el registro más alto en la segunda quincena de junio (**Figura 3**). Ésta moderó las temperaturas en dicho período, lo que se tradujo en una merma en la acumulación de frío. Resumiendo, hasta el 15 de julio la cantidad de frío ha sido considerable, por lo que sólo podría verse algún déficit de frío en cultivares exigentes, como las del tipo Delicious, en zonas de O'Higgins norte. Sin embargo, las precipitaciones han sido normales, y permitirían compensar una menor acumulación de frío, respecto al requerimiento de cada cultivar.

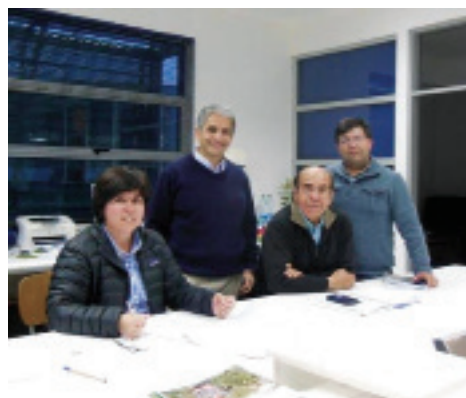
**Figura 2.** Acumulación de unidades de frío Richardson por quincena desde el 1 de mayo, en cuatro localidades.**Figura 3.** Lluvia (mm) por quincena entre el 1 de mayo al 15 de julio de 2014.

Destacamos



- ▶ Alejandro Navarro, Gerente de ViveroSur, visitó el CP el 13.06.14 (izquierda)
- ▶ El 17.06.14, el team de TucFрут, encabezado por su Gerente General, Eduardo Grünwald, acordó una asesoría técnica con el CP (derecha).

- ▶ Agrícola San Clemente sostuvo una reunión de trabajo el 18.06.14 (izquierda).
- ▶ Daniela Fuentes, Ejecutiva del Fondef, visitó el CP el 25.06.14, en el marco de dos proyectos en ejecución (derecha).



- ▶ AgriSouth Estates sostuvo una reunión con el CP el 15.07.14, liderada por su Gerente Técnico, Gonzalo Ugarte (izquierda).
- ▶ El 29.07.14 asistió al CP el Gerente de Pomáceas de Dole Chile; Raúl Orellana, junto a Vicente Vargas (derecha).