

# Boletín Técnico POMÁCEAS

ISSN 0717-6910



## Efecto del clima en la calidad de la manzana



**J.A.Reyes y J.A.Yuri**  
Ing. Civil, Escuela de Bioinformática e Ing.Agr., Dr. Facultad de Ciencias Agrarias y Director del CP respectivamente en su ponencias en la 1° Reunión Técnica del CP.  
24 de Enero, 2017.



**Estaciones meteorológicas**  
Localidades monitoreadas por el CP. Color indica clasificación tentativa según su perfil agroclimático en cálida (rojo), neutra (blanco) y fría (azul).

El 24 de enero se realizó la 1° Reunión Técnica del 2017 del Centro de Pomáceas, asistiendo más de 60 personas, la cual se realizó en el marco del Proyecto FIA (PYT: 2015-0213): "Sistema de alerta en línea para mejorar la condición de calidad de manzanas", donde se dieron a conocer los principales avances a la fecha a cargo del Dr. José Antonio Yuri. Adicionalmente se dictó la Charla: "Clima y Calidad de Fruta", en la que participó el Dr. José Antonio Reyes, de la Escuela de Bioinformática de la Universidad de Talca. En esta reunión asistió el Sr. Alfonso Yevenez, Ejecutivo FIA.



confiabilidad. Fue responsable del Laboratorio de Fisiología Frutal del CP y me apoyó en las Cátedras de Fisiología Vegetal (pregrado) y Fisiología Experimental (postgrado). Le deseamos lo mejor en esta nueva etapa de su vida, que comienza junto a su marido, el Dr. Iván Razmlic, también ex-académico e investigador de la U. Talca.

Expositores en la Reunión técnica: Álvaro Sepúlveda, Alfonso Yevenez, J.A. Reyes y J.A.Yuri (izquierda). Sra. Amalia Neira Etcheverry en su despedida del CP (arriba).

Luego de trabajar por 26 años conmigo y haber sido parte del team que creó el Centro de Pomáceas en 1995, el pasado 31 de diciembre se acogió a jubilación la Bioquímica Sra. Amalia Neira Etcheverry. Su larga estadía dejó un sello distintivo y único, donde destacan su honestidad, dedicación y



**Clima**  
Condiciones climáticas diversas y fenología adelantada, sugieren diferente comportamiento de Gala en su cosecha según zona.

# Efecto del clima en la calidad de la manzana, herramienta de decisión.

## RESULTADOS PRELIMINARES PROYECTO FIA PYT-2015-0213

Álvaro Sepúlveda, Loreto Arenas y J.A.Yuri - asepulveda@utalca.cl; loretoarenas@utalca.cl; ayuri@utalca.cl | Investigadores del Centro de Pomáceas.

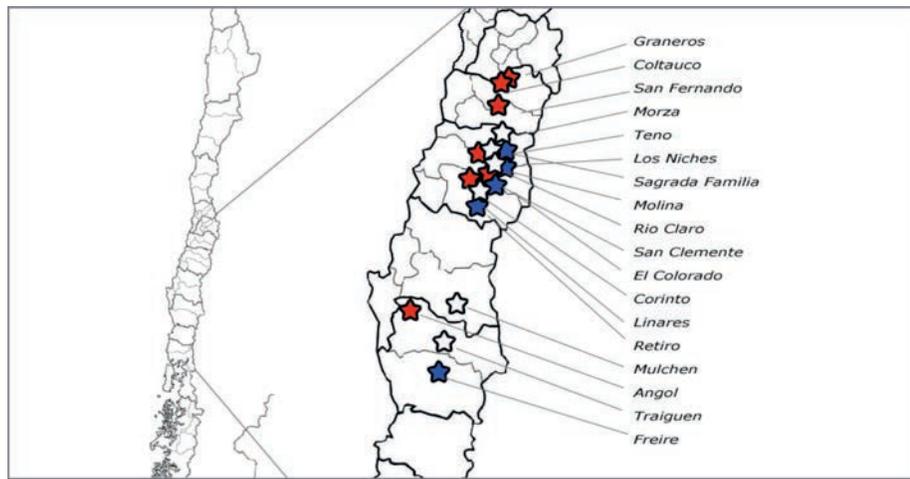
El clima predominante durante la temporada de crecimiento del fruto impacta tanto su calidad y condición a cosecha, como su potencial de guarda en frío. El proyecto ejecutado por el Centro de Pomáceas, financiado por la Fundación para Innovación Agraria (FIA) y el sector productivo, tiene por objetivo integrar los efectos ambientales al manejo agronómico, a través de una herramienta tecnológica de decisión productiva. La masificación de las estaciones meteorológicas ha permitido cuantificar variables agroclimáticas relevantes en la producción manzanera, de modo de disponer de información local. Las herramientas informáticas actuales permiten al productor y asesor frutícola acceder a la interpretación agronómica de esa información procesada, para una mejor toma de decisiones.

### ANTECEDENTES

Variados aspectos de la calidad y condición que la manzana tendrá a cosecha se determinan tempranamente, y ello ocurre en gran medida durante la primera etapa de crecimiento del fruto, caracterizada por su mayor división celular. Esta etapa es dependiente de la temperatura ambiente y en ella se determina el número final de células que tendrá el fruto, así como la constitución de sus componentes (Warrington et al., 1999; Stanley et al., 2000). Así, en forma temprana es posible estimar el efecto del ambiente sobre el calibre potencial de la fruta a cosecha, la evolución de su madurez y su comportamiento en postcosecha. Alta temperatura durante la división celular conduciría a obtener frutos de un calibre potencial alto (Stanley et al.,

2000; Atkinson et al., 2001), por lo que en primaveras frías sería necesario un ajuste temprano de la carga frutal, a fin de compensar el menor tamaño esperado (Palmer et al., 2003). Sin embargo, cuando este ambiente es muy cálido, resulta en detrimento de la formación de los componentes celulares asociados a la estabilidad del fruto (pared y membrana celular), y sus procesos de maduración (Tromp, 1997; Warrington et al., 1999). Debe tenerse en cuenta que en primavera pueden ocurrir heladas cuando el fruto es muy sensible a bajas temperaturas. Heladas advectivas, representadas por masas de aire frío polares, con -3 °C por 4 horas o más, pueden ocasionar caída de los frutos recién cuajados, deformación de éstos y russet con formación de anillo ecuatorial (Yuri, 1992). Un ambiente frío y húmedo en primavera puede, asi-

mismo, inducir la formación de russet. Posterior a la etapa de división celular, el fruto continúa su crecimiento con el aumento en el volumen de sus células. En este período es necesario de alta temperatura durante el día para maximizar la fotosíntesis, y baja por la noche, para reducir la respiración (Corelli Grappadelli y Morandi, 2012). Sin embargo, un ambiente con temperaturas diarias muy altas y baja humedad relativa, propia de los veranos en la zona central de Chile, tiene un efecto negativo sobre la calidad de la fruta: aumenta el riesgo de daño por sol (Yuri, 2010); mayor riesgo de alteraciones asociadas a desbalances nutricionales (lenticelosis, bitter pit); menor calibre, en especial cuando el riego es limitado; adelanto de la fecha de cosecha. A medida que el fruto va creciendo, disminuye su capacidad de refrigeración, por aumento de su volumen en relación a la superficie de su piel. Así, un fruto expuesto a radiación solar directa puede registrar en su superficie hasta 15 °C más que la temperatura del aire (Woolf y Ferguson, 2000; Yuri, 2010). Esta diferencia se acentúa con la radiación solar (Naschitz et al., 2015) y el estrés hídrico (Woolf y Ferguson, 2000). Para desencadenar daño por sol, habría una interacción entre temperatura y tiempo al que está sometida la piel del fruto. En Sudáfrica, manzanas expuestas al sol que alcanzaron una temperatura de 42-44 °C, mostraron síntomas de daño (Wand et al., 2008). En el Centro de Pomáceas hemos considerado una temperatura umbral a nivel de piel de 37 °C y hemos propuesto como indicador de condi-



**Figura 1.** Localidades monitoreadas por el Centro de Pomáceas, incluyendo los asociados del Proyecto. Color indica clasificación tentativa según su perfil agroclimático en cálida (rojo), neutra (blanco) y fría (azul).

ciones que promueven el daño por sol, días con temperatura del aire sobre 29 °C por 5 horas (Yuri, 2010; 2015). El calcio es el nutriente más comúnmente asociado a desórdenes de postcosecha de la fruta. En el caso del bitter pit, alteración que se induce en el huerto, los factores de precosecha que influyen en su incidencia son aquellos que restringen el abastecimiento de calcio a la fruta

(Watkins, 2003): competencia entre el follaje y el fruto (exceso de vigor, baja carga), o alta temperatura y estrés hídrico, aumentarían el riesgo a desarrollarlo al prevalecer el flujo de calcio hacia el follaje en desmedro de la fruta. Por ello, la cuantificación de variables que inciden sobre el estrés ambiental (alta temperatura y baja humedad relativa), contribuirían a estimar el riesgo de su aparición.

En el caso de lenticelosis o lenticel breakdown, si bien es un desorden causado por múltiples factores, se ha sugerido que el monitoreo de la temperatura y humedad relativa durante el crecimiento del fruto puede constituir una predicción temprana que permita manejos preventivos (Tuketti et al., 2012). Esto se basa en que un ambiente estresante (alta temperatura y baja humedad relativa), con células sin protección cerosa, pueden desecarse y producir suberina (Curry, 2003). Una vez que se ha desencadenado el proceso de maduración, el desarrollo de éste resulta más sensible a las condiciones ambientales, principalmente a la temperatura. En esta etapa, el tiempo de exposición a bajas temperaturas (bajo 10°), es favorable para la inducción del color (Curry, 1997). Así mismo, las tecnologías utilizadas para aumentar la radiación solar bajo la copa (reflectantes), serían más efectivas una vez que la madurez se haya gatillado y registrado exposición a temperatura bajo 10 °C. En localidades cálidas, la medida más apropiada será utilizar clones de alta coloración.

## MONITOREO

La información meteorológica de los huertos monitoreados a través del Proyecto, de las principales zonas productoras de manzanas de Chile (Figura 1), provino de estaciones meteorológicas automáticas ubicadas en cada huerto (Foto 1). Junto a la información meteorológica, se recopilaban antecedentes productivos de cada uno de ellos en Graneros, San Fernando, Morza, Los Niches, Molina, Río Claro, Corinto, San Clemente, Linares, Longaví y Angol. Se obtuvo información de los cultivares Gala, Fuji y Cripp's Pink, y se concentró en las temporadas 2014/15 y 2015/16, que debido a su contraste agroclimático mostró diferencias notables en los niveles de descarte de exportación (Figura 2). En base al cruzamiento de esta información se identificaron variables agroclimáticas y su período de influencia, relevantes para una estimación de la condición y calidad de la fruta.

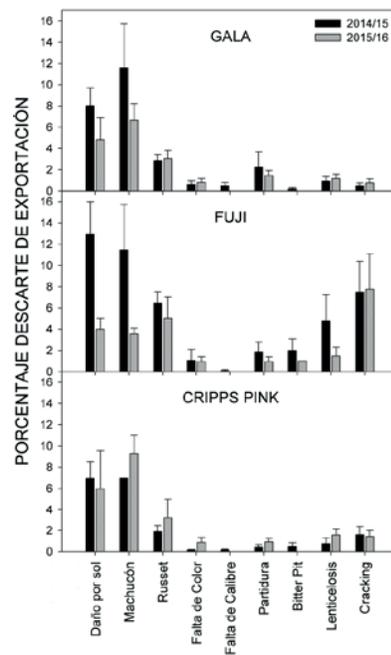


**Foto 1.** Estación meteorológica automática para monitoreo agroclimático de cada huerto.



**Foto 2.** La temporada 2014/15 se caracterizó por alta incidencia de daño por sol (arriba, izquierda), lenticelosis (arriba, derecha) y alteraciones tipo bitter pit (abajo, izquierda), en cambio en 2015/16 predominó el russet (abajo, derecha).

Un aspecto relevante y previamente poco considerado, ha sido el ambiente en primavera postcuaja, durante la etapa de crecimiento del fruto por división celular. Las variaciones entre las temporadas monitoreadas permitieron evidenciar su importancia en la maduración de la fruta, principalmente del grupo Gala, cultivar más producido en Chile. Para caracterizar el ambiente en esta etapa de crecimiento, se cuantificó temperatura media, humedad relativa mínima, acumulación térmica, precipitaciones, índice de estrés y presencia de heladas. En la temporada 2014/15 se registró una alta cuantificación de problemas cuticulares y daño por sol (Figura 2). Por el contrario, 2015/16 resultó ser una temporada de baja incidencia de bitter pit y daño por sol, y con mayor presencia de russet (Foto 2). Esta diferencia, sería atribuible a un menor estrés atmosférico durante el verano de 2016, producto de una menor temperatura del aire y mayor humedad relativa.

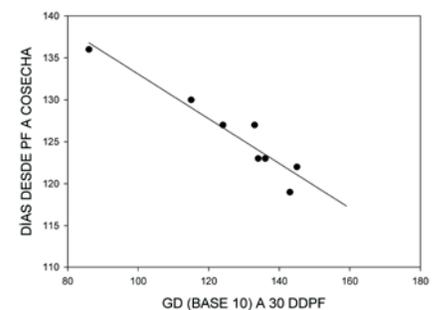


**Figura 2.** Porcentaje de los principales descartes de exportación en las temporadas 2014/15 y 2015/16, de los tres principales cultivares de manzanos de Chile.

## INDICADORES

Los modelos para los indicadores de calidad y condición de la fruta se construyeron en base a las variables agroclimáticas asociadas, el período en que ejercen su efecto, y de acuerdo a los resultados de producción registrados por el productor. Se consideró como mínimo, la información de las dos últimas temporadas y diferentes localidades, para maximizar la variabilidad en la respuesta, clave en el desarrollo de los modelos. Hay que tener presente que el efecto del ambiente será diferente de acuerdo al cultivar y al manejo anti-estrés que se utilice (mallas, reflectantes).

Las correlaciones obtenidas mostraron resultados diversos, de acuerdo a la característica analizada. Aquellos aspectos de condición y calidad, con su factor predictivo medido durante la división celular, dio alta correlación. La curva de respuesta en relación al inicio de cosecha de Gala, alcanzó un muy buen ajuste utilizando como predictor GD en los 30 días después de plena flor (DDPF; Figura 3).



**Figura 3.** Relación entre Grados día (GD) acumulados los primeros 30 días después de plena flor (DDPF) y cantidad de días entre plena flor (PF) e inicio de cosecha de Gala.  $R=0.95$ .

Si bien otros aspectos medidos no mostraron altas correlaciones, se establecieron rangos o estándares en base a los antecedentes de huerto. Es así que el rango óptimo de temperatura en división celular se estimó entre 13.5 y 14.5 °C (45 DDPF), con un ambiente que maximiza

zaría el calibre potencial sin acelerar la maduración de la fruta a cosecha. Por debajo de este rango se encontraron un alto número de huertos por temporada, por lo que se consideró un rango subóptimo (12.5-13.5 °C), en el cual no habría efecto negativo ni positivo en el calibre. Un ambiente bajo 12.5 °C, sí tendría un efecto negativo sobre el calibre potencial. Por otro lado, temperaturas sobre el rango óptimo tendría un efecto negativo sobre la condición de la fruta, con reducción de la ventana de cosecha y menor potencial de almacenaje. Se propone entonces cuatro categorías de acuerdo a la temperatura ambiente durante este período. Este punto es uno de los más importantes, pues sienta las bases para el posterior desempeño de la fruta. Sin embargo, esta predicción no funcionó bien en cultivares tardíos. En Cripp's Pink de San Fernando, hubo similar ventana de cosecha en las temporadas 2014/15 y 2015/16, habiendo sido diferentes sus ambientes en división celular. Sin embargo, en Gala constituye un dato clave, puesto que es el primer cultivar en cosecharse y tiene una maduración o ventana de cosecha más determinada que los cultivares más tardíos. En relación al russet, éste no mostró una tendencia clara a las variables propuestas, por lo que se propuso establecer como umbral de riesgo alta humedad relativa postcuaaja. Al agregar en la curva de ajuste la ocurrencia de heladas, se produjo una mejora en la correlación (Figura 4).

Para establecer las variables que afectan el tamaño potencial de la fruta, se agrupó en categorías de calibre. Así, en Gala, cultivar propenso a producir fruta pequeña, la acumulación de grados hora de crecimiento (GDH) durante octubre

fue la variable que mejor representó la distribución de fruta en los calibres grandes (Figura 5). Ello concuerda con lo propuesto, es decir, que alta temperatura en división celular conduciría a fruta de mayor calibre potencial.

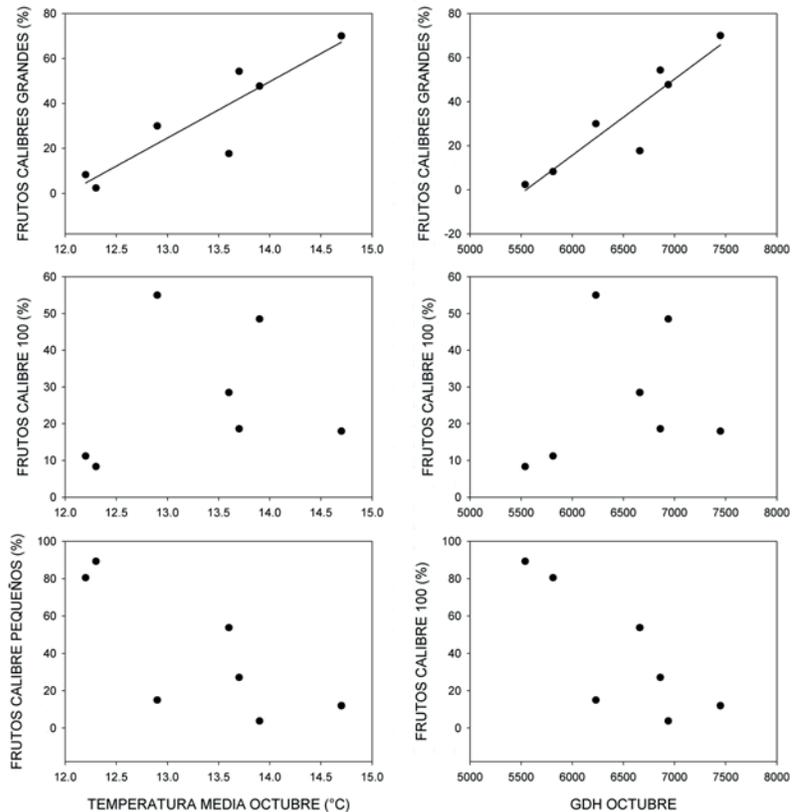


Figura 5. Relaciones entre temperatura media, grados hora de crecimiento (GDH) durante octubre y cantidad de frutos en categorías de calibres grandes (<100), 100 y pequeños (>100), en Gala.

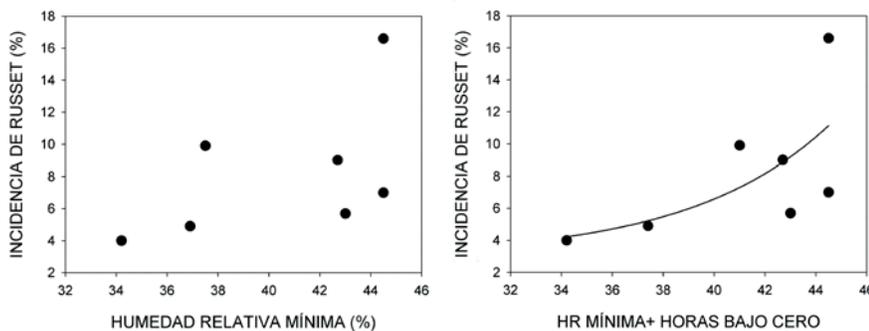


Figura 4. Curva de respuesta entre humedad relativa en división celular e incidencia de russet superficial en Fuji. R=0.40.

En relación al daño por sol, la variable que mejor representó la incidencia de frutos afectados, descartables de exportación, fue la acumulación de días de riesgo de daño. Se estableció como día de riesgo aquél con cinco o más horas continuas en que la temperatura del aire estuvo sobre los 29 °C, durante los meses de verano (diciembre a marzo). En Fuji y Cripp's Pink, cultivares altamente sensibles al daño por sol, se encontró una relación entre los días de riesgo y la incidencia del daño (Figura 6). Con este indicador sería posible es-

timar el daño por sol a cosecha, lo que podría ser útil en estrategias de segregación de fruta, mercados de destino o gestión de cosecha. Sin embargo, sería interesante analizar la posibilidad de predecirlo en base a condiciones más tempranas (diciembre), lo que sería posible con herramientas más complejas (Torres et al., 2016). Ello podría ser útil en la decisión de intervenir con manejos tendientes a reducir el estrés. En relación al desarrollo de color, este fue un factor que contó con pocos datos en las temporadas analizadas, y el más sensible a los diferentes manejos de control de ambiente. Sin embargo, se detectó la relación esperada entre frío estival, o previo a la cosecha, y cantidad de fruta en determinada categoría de color (Premium, Extra Fancy, Fancy). En Gala se utilizó la variable número de horas con temperatura bajo 10 °C (Figura 7). En cultivares tardíos, por otro lado, cosechados en un período más frío, funcionó mejor la cuantificación de los días en que la temperatura estuvo cinco o más horas bajo 10 °C (días color; Figura 8). En el desarrollo de color de cubrimiento será relevante incorporar al indicador, el manejo de control del ambiente que utilice el productor. En el caso de los desórdenes asociados a déficit de Ca - lenticelosis y bitter pit - no hubo una correlación suficiente entre los resultados de estas alteraciones y las variables agroclimáticas analizadas. Si bien existe un fuerte efecto climático, tanto el cv., estado nutricional y manejo

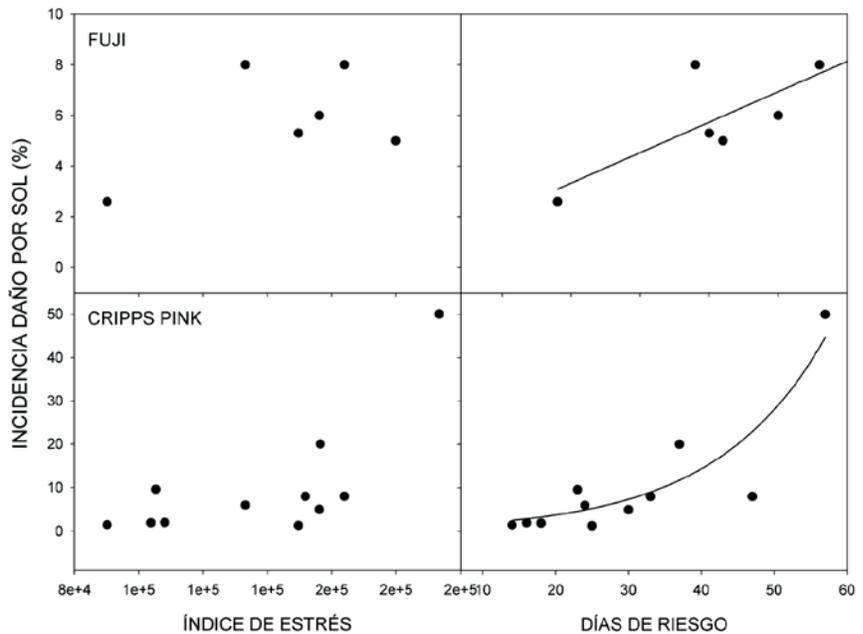


Figura 6. Relación entre Índice de estrés, Días de riesgo daño por sol (días con más de cinco horas con temperatura sobre 29 °C) e Incidencia de daño por sol (%), en Fuji y Cripp's Pink.

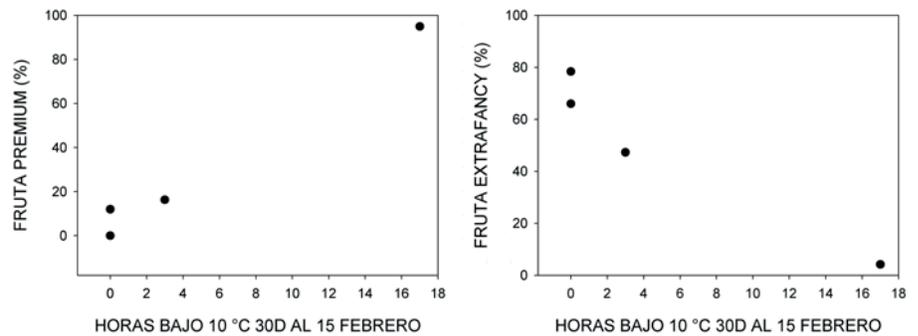


Figura 7. Relación entre Horas con temperatura bajo 10 °C en el mes antes del 15 de febrero y porcentaje de fruta según categoría de color, en Gala.

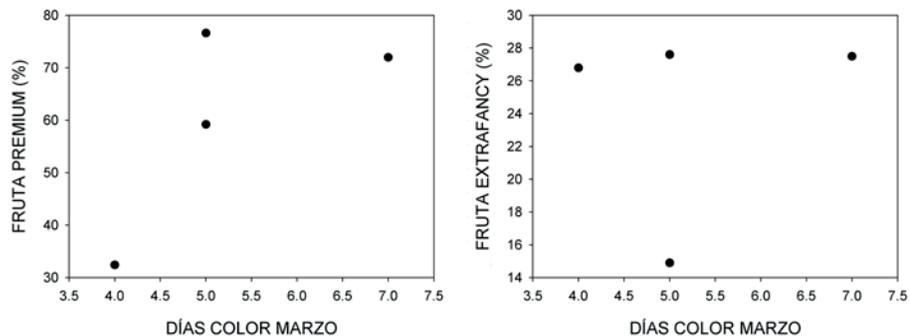


Figura 8. Relación entre Días de color (cinco horas o más con temperatura bajo 10 °C), durante marzo y porcentaje de fruta según categoría de color, en Fuji.

(poda, raleo), son altamente influyentes, por lo que deben ser integrados al modelo. Aun considerando esto último, el modelo lineal resultó poco robusto. Por ello, se propone un modelo basado en niveles de riesgo, dando a cada factor (cultivar, clima, nutrición), una nota de acuerdo al riesgo sobre la incidencia del daño. Cultivar, índice de estrés y contenido temprano de Ca serán considerados y probados en la producción de temporada 2016/17. Así, las condiciones para mayor riesgo estarán dadas por cultivares sensibles, contenido de

Ca menor a 10 mg/100g, y las condiciones agroclimáticas propuestas en el Cuadro 1. Asimismo, podrá mejorar el ajuste de cada modelo predictivo, la categorización de las localidades, puesto que habría cierto efecto de ambientación o aclimatación. Ya se han detectado tres zonas diferentes: cálidas, moderadas o neutras y frías (Figura 1).

Estos modelos productivos serán ajustados en una próxima etapa del Proyecto y probados como herramienta de decisión, a través de una plataforma informática. En ella, el profesional tendrá acceso a la información climática procesada, así como podrá consultar

en ella acerca del efecto agroclimático sobre la futura calidad y condición de la fruta.

En resumen, a través del Proyecto se proponen indicadores en base al factor o aspecto de condición y calidad, que es afectado por la condición climática, en un período de influencia determinado (Cuadro 1). El efecto del cultivar, vigor, edad, estado nutricional, manejo anti-estrés y grado de ambientación será incorporado por el usuario (productor/asesor), en la plataforma (productor/asesor), en la plataforma y ajustarán la respuesta del indicador. Esta fase de ajuste se desarrollará en la temporada 2016/17.

**Cuadro 1.** Modelos agroclimáticos propuestos en relación a la calidad de la fruta.

| FACTOR PRODUCTIVO O CONDICIÓN Y CALIDAD | VARIABLE AGROCLIMÁTICA                                | PERÍODO                              | CULTIVARES SENSIBLES | INDICADOR                                 |
|---|---|--------------------------------------|----------------------|---|
| ESTIMACIÓN INICIO DE COSECHA            | Temperatura media GDH<br>GD 10                        | División celular                     | Gala                 | Curva respuesta<br>Valor por cultivar     |
| ESTIMACIÓN VENTANA DE COSECHA           | Temperatura media GDH<br>GD 10                        | División celular                     | Tempranas            | Óptimo 13.5-14.5 °C<br>Valor por cultivar |
| POTENCIAL DE CALIBRE                    | Temperatura media GDH                                 | División celular                     | Todas                | Curva respuesta                           |
| POTENCIAL DE ALMACENAJE                 | Temperatura media<br>Índice de estrés                 | División celular<br>Verano (dic-ene) | Todas                | Óptimo 13.5-14.5 °C<br>Óptimo < 65.000    |
| DESARROLLO DE COLOR                     | N° horas bajo 10 °C<br>N° días con 5 h bajo 10 °C     | Maduración                           | Bicolores            | >1 Temprano<br>>5 Tardías                 |
| DAÑO POR SOL                            | N° días con 5 h sobre 29 °C<br>N° horas sobre 29 °C   | Verano                               | Tardías              | >20<br>>150                               |
| RUSSET                                  | N° horas bajo 7 °C<br>HR mínima<br>N° horas bajo 0 °C | División celular                     | Fuji                 | >100<br>>40%<br>>1                        |
| BITTER PIT                              | Índice de estrés<br>N° días con máxima sobre 32 °C    | División celular<br>Verano (dic-ene) | Tardías              | >150.000<br>>30                           |
| LENTICELOSIS                            | Índice de estrés<br>N° días con máxima sobre 32 °C    | División celular<br>Verano (dic-ene) | Tempranas            | >150.000<br>>30                           |

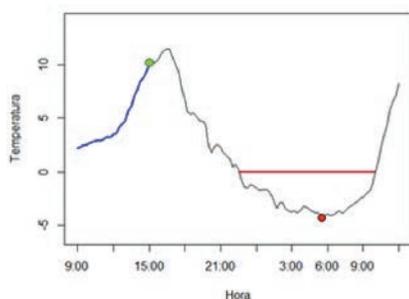
#### LITERATURA CONSULTADA:

- ▶ **Atkinson, C.J., Taylor, L. y Kingswell, G. 2001.** The importance of temperature differences, directly after anthesis, in determining growth and cellular development of Malus fruits. *J. Hortic. Sci. Biotech.* 76: 721-731.
- ▶ **Corelli Grappadelli, L., Morandi, B. 2012.** The ecophysiology of carbon in fruit trees: A driver of productivity, a tool to face climate change, a producer of innovation that can become tomorrow's growing paradigm. *AgroLife Scientific J.* 1: 39-47.
- ▶ **Curry, E.A. 1997.** Temperatures for optimum anthocyanin accumulation in apple tissue. *J. Hortic. Sci.* 72: 723-729.
- ▶ **Curry, E.A. 2003.** Factors associated with apple lenticel breakdown. *Postharvest Information Network.* <http://postharvest.tfrec.wsu.edu/RE-P2003B.pdf>.
- ▶ **Naschitz, S., Naor, A., Sax, Y., Shahak, Y., Rabinowitch, H.D. 2015.** Photo-oxidative sunscald of apple: Effects of temperature and light on fruit peel photoinhibition, bleaching and short-term tolerance acquisition. *Sci. Hortic.* 197: 5-16.
- ▶ **Palmer, J.W., Privé, J.P. y Tustin D.S. 2003.** Temperature. pp. 217-236. En *Apples: Botany, Production and Uses*. D.C. Ferree y I.J. Warrington (eds). CAB International. 660 p.
- ▶ **Stanley, C.J., Tustin, D.S., Lupton, G.B., McArtney, S., Cashmore, W.M. y de Silva H.N. 2000.** Towards understanding the role of temperature in apple fruit growth responses in three geographic regions within New Zealand. *J. Hortic. Sci. Biotech.* 75: 413-422.
- ▶ **Torres, C.A., Sepúlveda, A., Leon, L., Yuri, J.A. 2016.** Early detection of sun injury on apples (*Malus domestica* Borkh.) through the use of crop water stress index and chlorophyll fluorescence. *Sci. Hortic.* 211: 336-342.
- ▶ **Tromp, J. 1997.** Maturity of apple cv. Elstar as affected by temperature during a six-week period following bloom. *J. Hortic. Sci.* 72: 811-819.
- ▶ **Tuketti, S.S., Curry, E., Lötze, E. 2012.** Role of lenticel morphology, frequency and density on incidence of lenticel breakdown in 'Gala' apples. *Sci. Hortic.* 138: 90-95.
- ▶ **Wand, S.J.E., van der Dool, K., Smit, A., Steyn, W.J. 2008.** Heat injury thresholds in apple measured using chlorophyll fluorescence are influenced by orchard heat reduction technologies. *Acta Hortic.* 772: 273-277.
- ▶ **Warrington, I.J., Fulton, T.A., Halligan, E.A. y de Silva H.N. 1999.** Apple fruit growth and maturity are affected by early season temperatures. *J. Amer. Soc. Hortic. Sci.* 124: 468-477.
- ▶ **Watkins, C.B. 2003.** Principles and practices of postharvest handling and stress. pp. 585-614. En *Apples: Botany, Production and Uses*. D.C. Ferree y I.J. Warrington (eds). CAB International. 660 p.
- ▶ **Woolf, A.B., Ferguson, I.B. 2000.** Postharvest responses to high fruit temperatures in the field. *Postharvest Biology and Technol.* 21: 7-20.
- ▶ **Yuri, J.A. 1992.** Las heladas en fruticultura. *Revista Frutícola* 13: 69-74.
- ▶ **Yuri, J.A. 2010.** Daño por sol en manzanas. *Revista de Fruticultura* 8: 4-15.
- ▶ **Yuri, J.A. 2015.** Sunburn in apples: A hot problem. *Good Fruit Grower* 1: 26-27.

# Inteligencia Artificial enfocada en calidad de la Fruta: Caso Heladas

José Antonio Reyes - jareyes@utalca.cl | Ing. Civil en Química y Bioprocesos | Académico Universidad de Talca

Se llevó a cabo un Proyecto FIA para el “Desarrollo un sistema de alerta temprana de eventos de heladas”, basado en un modelo de predicción que utiliza técnicas de Inteligencia Artificial. Este sistema emplea información agroclimatológica histórica de carácter local; las variables consideradas son: temperatura, humedad, porcentaje de precipitaciones, velocidad y dirección del viento y radiación solar. Los datos utilizados corresponden a un periodo de 6 años (2010-2015), de acuerdo a la información de cada una de las 20 estaciones meteorológicas automáticas (EMA) evaluadas. Se consideró como ocurrencia de un evento de helada, cuando las temperaturas mínimas registradas en una determinada EMA alcanzan valores iguales o menores a los 0 °C. Para entrenar el modelo, se consideraron variables agroclimatológicas desde las 6:00 AM del día anterior hasta la 14:00 PM, y se entregó una primera predicción de helada a las 15:00 h. Luego existen 2 confirmaciones de posibles eventos: 18:00 PM y reconfirmar a las 21:00 h. (Figura 9). Para el diseño del modelo de clasifi-



**Figura 9.** Ejemplo de una helada ocurrida el 4 de Julio de 2015, registrada en la EMA Pangulileo. La línea azul muestra los datos utilizados para el modelo; el punto verde (15:00 h.) indica la hora en la que se entrega la alerta de helada. La línea roja muestra la duración del evento de helada, mientras que el punto rojo muestra la intensidad de ésta.

**Cuadro 2.** Resultados obtenidos en estaciones cercanas.

| ESTACIÓN      | COMUNA        | EFICIENCIA GLOBAL | HELADA NO DETECTADA | FALSA ALERTA |
|---------------|---------------|-------------------|---------------------|--------------|
| Miraflores    | Linares       | 95%               | 6%                  | 5%           |
| Yerbas Buenas | Yerbas Buenas | 91%               | 9%                  | 8%           |
| Colbún        | Colbún        | 94%               | 7%                  | 6%           |
| Torres        | San Javier    | 97%               | 4%                  | 3%           |
| San Javier    | San Javier    | 93%               | 7%                  | 7%           |
| Villa Alegre  | Villa Alegre  | 94%               | 7%                  | 6%           |

ción se probaron diversos algoritmos. De acuerdo a los resultados obtenidos por cada modelo, se realizó una comparación para encontrar el algoritmo que entrega una mejor performance en la tarea estudiada. En este caso se utilizó el método RandomForest, con las siguientes características:

- ▶ Número de árboles óptimo de 50
- ▶ Valores por defecto en implementación en paquete de R, utilizando la librería RandomForest.

Los resultados se muestran en el Cuadro 2. Se aprecia que en las estaciones evaluadas se obtienen performances medi-

das como EG sobre el 90% y con errores del tipo HND bajo el 9%, lo cual representa una mejora significativa en cuanto a los errores de este tipo reportados con métodos tradicionales de predicción de temperatura, y que son aceptados por la comunidad agrícola como un resultado aceptable y útil. Random Forest es un algoritmo de aprendizaje basado en árboles de decisión, este método se utilizó para predecir ocurrencia de fenómenos o sucesos de heladas puntuales, es decir, si en un determinado día ocurrirá o no una helada. El modelo supervisado para predecir la probabilidad de ocurrencia de helada en un día cualquiera se aprecia en la figura 10.



**Figura 10.** Modelamiento predictivo de eventos de heladas.

# Resumen Climático

Álvaro Sepúlveda – asepulveda@utalca.cl  
Laboratorio Ecofisiología Frutal – Centro de Pomáceas – Universidad de Talca.

## CONDICIONES CLIMÁTICAS DURANTE EL CRECIMIENTO DEL FRUTO

La calidad y condición que la fruta tendrá a cosecha son establecidas desde el inicio de su desarrollo. En su primera etapa el fruto crece por división celular, proceso dependiente de la temperatura ambiental. Temperaturas muy altas en los primeros 45 días después de plena flor, afectarían negativamente la composición celular. Ello conduciría a una maduración acelerada (Tromp, 1997; Warrington et al., 1999), con lo que se acortaría la ventana de cosecha. Por otro lado, bajas temperaturas post cuaja comprometerían el calibre potencial de la fruta (Stanley et al., 2000; Warrington et al., 1999), al limitarse el número de divisiones celulares. Posteriormente, el crecimiento del fruto dependería del suministro de carbohidratos, nutrientes y agua. La temperatura interviene indirectamente al afectar la tasa fotosintética. El máximo de ésta se alcanza con temperatura entre 28 y 30 °C (Lakso, 1994). Temperaturas mayores a 32 °C, no sólo reducirían la fotosíntesis, sino que favorecerían el desarrollo de alteraciones que limitan la calidad de la fruta. Calibre reducido, falta de color de cubrimiento, daño por sol y desórdenes asociados a déficit de calcio, son algunos de los problemas vinculados a veranos muy cálidos y secos, habituales en la zona central de Chile. La floración 2016 fue temprana y concentrada, principalmente debido a la alta acumulación térmica post receso. En ella prevalecieron días despejados con gran cantidad de horas con temperatura sobre 15 °C, favorables para la polinización. Luego, durante octubre y la

primera mitad de noviembre, se registró un ambiente con temperaturas levemente más altas a lo normal, principalmente las mínimas diarias, en la mayoría de las estaciones monitoreadas (Cuadro 2). Sin embargo, dado que la etapa crítica se supera en los 45 días después de plena flor, en localidades con floración temprana, el fruto completó esta etapa en octubre, librándose de días más cálidos de noviembre.

Con esta situación, para la mayoría de las localidades de la zona central del país, tempranamente se esperaba una cosecha de Gala anticipada, lo que se ha mantenido producto de una sostenida acumulación térmica (Cuadro 3). La tendencia será a una caída más acelerada a lo habitual de los índices de madurez. Sin embargo, no sería una situación generalizada y variará de acuerdo al ambiente registrado en cada huerto inmediatamente postfloración. En cuanto a las condiciones del verano, causantes de deterioro de la fruta, alta temperatura y baja humedad relativa, éstas fueron variables. En general, en O'Higgins y Maule norte, se han registrado más días conducentes a daño por sol que lo normal, y hacia el sur, esta variación resultó negativa (Cuadro 2). Misma tendencia se observó en el Índice de estrés acumulado.

## RESUMIENDO

En la zona central se espera una cosecha anticipada de Gala, con una tendencia a una ventana de cosecha más corta que lo normal. Sin embargo, el efecto ambiental sobre este factor no fue tan concluyente y será particular en cada huerto. Desde Maule sur a Freire, las condiciones primaverales fueron favorables, por lo que debería esperarse una cosecha extensa y mayor potencial de almacenaje en los primeros cultivos por recolectar. Así también,

debería esperarse baja incidencia de daño por sol y alteraciones fisiológicas en localidades más meridionales.

Para el trimestre enero-febrero-marzo, la Dirección Meteorológica de Chile prevé temperaturas máximas sobre lo normal desde Pudahuel a Chillán. Esta situación sería desfavorable para la obtención de fruta con alto rendimiento en postcosecha. Se pronostica temperatura mínima normal en todo el territorio continental. Con ello, no se puede anticipar condiciones muy favorables para el desarrollo de color (exposición a temperatura bajo 10 °C en precosecha).

## LITERATURA CONSULTADA:

- ▶ **Lakso, A.N. 1994.** Apple. pp. 3-42. En: Environmental physiology of fruit crops; Vol 1. Temperate crops. B. Schaffer y P.C. Andersen (eds). CRC Press. 358 p.
- ▶ **Stanley, C.J., Tustin, D.S., Lupton, G.B., McArtney, S., Cashmore, W.M. y de Silva H.N. 2000.** Towards understanding the role of temperature in apple fruit growth responses in three geographic regions within New Zealand. J. Hortic. Sci. Biotech. 75: 413-422.
- ▶ **Tromp, J. 1997.** Maturity of apple cv. Elstar as affected by temperature during a six-week period following bloom. J. Hortic. Sci. 72: 811-819.
- ▶ **Warrington, I.J., Fulton, T.A., Halligan, E.A. y de Silva H.N. 1999.** Apple fruit growth and maturity are affected by early season temperatures. J. Amer. Soc. Hortic. Sci. 124: 468-477.

**Cuadro 3.** Condiciones ambientales durante el crecimiento del fruto: Temperatura media temprano, Acumulación térmica en GDH, Días de riesgo de daño por sol (número de días con más de 5 horas con T° sobre los 29 °C) e Índice de estrés durante el crecimiento del fruto.

| LOCALIDAD    | T MEDIA (°C)<br>1 OCT-15 NOV |       |       | GDH (BASE 4.5)<br>1 OCT-15 ENE |        |        | DÍAS RIESGO DAÑO SOL<br>1 DIC-15 ENE |       |       | ÍNDICE DE ESTRÉS<br>1 DIC-15 ENE |        |        |
|--------------|------------------------------|-------|-------|--------------------------------|--------|--------|--------------------------------------|-------|-------|----------------------------------|--------|--------|
|              | MEDIA                        | 15/16 | 16/17 | MEDIA                          | 15/16  | 16/17  | MEDIA                                | 15/16 | 16/17 | MEDIA                            | 15/16  | 16/17  |
| GRANEROS     | 14.9                         | 14.2  | 15.6  | 29.544                         | 30.011 | 30.938 | 8.8                                  | 6     | 11    | 56.214                           | 47.748 | 60.448 |
| LOS NICHES   | 13.2                         | 13.4  | 14.6  | 26.939                         | 27.967 | 28.175 | 8.0                                  | 11    | 11    | 42.418                           | 39.370 | 49.857 |
| MOLINA       | 13.9                         | 13.9  | 15.3  | 29.528                         | 29.920 | 31.461 | 8.8                                  | 6     | 7     | 43.909                           | 41.979 | 45.777 |
| SAN CLEMENTE | 14.2                         | 14.0  | 15.4  | 29.558                         | 29.414 | 31.147 | 13                                   | 11    | 9     | 61.818                           | 63.699 | 63.428 |
| LINARES      | 14.0                         | 13.2  | 14.5  | 28.188                         | 27.794 | 29.673 | 10                                   | 7     | 8     | 52.913                           | 48.088 | 46.212 |
| MULCHÉN      | 13.4                         | 13.2  | 13.5  | 26.559                         | 26.929 | 27.750 | 10                                   | 11    | 4     | 46.132                           | 40.148 | 33.838 |
| ANGOL        | 13.4                         | 13.9  | 13.6  | 28.735                         | 29.079 | 29.733 | 6.3                                  | 4     | 3     | 53.226                           | 46.232 | 35.149 |
| FREIRE       | 11.1                         | 12.0  | 11.7  | 22.143                         | 23.216 | 23.573 | 0.8                                  | 0     | 0     | 20.982                           | 17.250 | 14.107 |

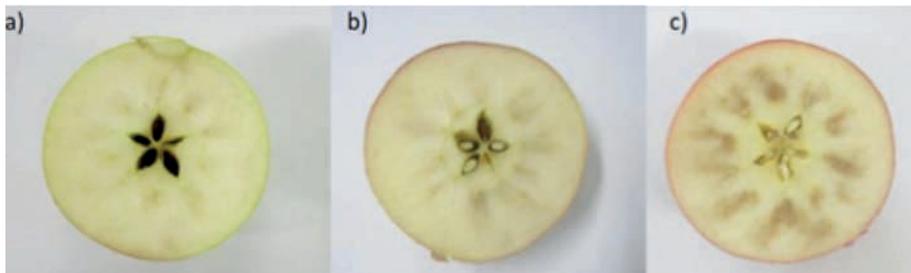
## Resumen de Investigaciones

**Uso de la espectroscopia VIS/NIR para el estudio de pardeamiento interno en manzanas cv. Cripp's Pink** Sazo, Francisca. 2015. Memoria de Grado. U. de Talca. 47 p. Prof. Guía: Torres, C.

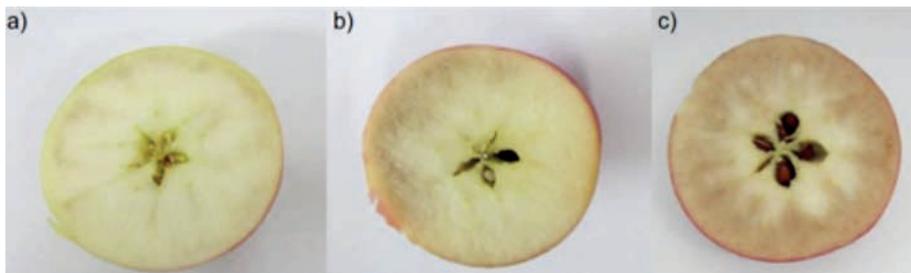
El pardeamiento interno (PI) es un desorden fisiológico ampliamente citado en manzanas cv. Cripp's Pink. Corresponde a una manifestación de algunas condiciones fisiológicas de la fruta que son influenciadas por una combinación de factores de pre y postcosecha durante el crecimiento y desarrollo del fruto. El objetivo es evaluar la habilidad de la espectroscopia VIS/NIR como un método no destructivo para monitorear el desarrollo de PI en postcosecha. Durante la

temporada 2012/2013 se trabajó con manzanas cv. Cripp's Pink provenientes de tres huertos ubicados en distintas zonas agroclimáticas de Chile. Las evaluaciones fueron a cosecha y postcosecha. Se tomaron 20 muestras por huerto para cada medición. Se efectuaron cuatro mediciones de reflectancia por fruto, dos mediciones entre los 250-800 nm y dos entre los 250-1100 nm mediante el espectroradiómetro Stellar Net Inc. (Florida, USA). En postcosecha se realizaron evaluaciones de índices de madurez y PI a los 120 y 180 días de guarda en frío convencional (FC: 0,5-1°C, 85-90% HR) más siete días a 20°C. Para la eliminación del ruido espectral se utilizaron tres técnicas de pre proceso: suavizado a través de la técnica Savinsky-Golay (orden:

2, ventana: 45 puntos), normalización a través de MCS (Multiple Scattering Corrections) y un filtrado EPO (External Parameter Orthogonalization) (2 Principal Components). Un análisis de detección entre manzanas dañadas (clase 1) y sanas (clase 0) se llevó a cabo mediante un análisis de componentes principales (ACP) y luego análisis de discriminación por mínimos cuadrados parciales (PLS-DA) para la separación de las categorías (clase 1 y 0). Por último iPLS-DA para la obtención de las principales bandas de las longitudes de onda involucradas en la discriminación de las clases a través de PLS-Toolbox para MATLAB v 7.5 (Eigenvector Research Inc., USA). Los resultados indicaron que todos los huertos presentaron incidencia a PI durante el almacenaje refrigerado. Los ACP mostraron agrupaciones de frutos sanos y dañados principalmente luego de los 180 días de guarda en frío, con una varianza total de dos componentes principales de 93,5; 90,0; 94,4 y 93,33% para PI radial (foto 3), difuso (foto 4), mixto y total respectivamente. Por otro lado, en el análisis PLS-DA, la especificidad y sensibilidad del modelo discriminativo fueron más asertivos para PI difuso, con una sensibilidad del 82,4% con 0% de incidencia. El PI mixto presentó una sensibilidad del 84,6% con 0% incidencia y una especificidad del 64,9% por sobre el 65% de incidencia. Por último, el PI total presentó una sensibilidad del 90,6% con 0% incidencia y una especificidad del 78,6% por sobre el 60% de incidencia. Las evaluaciones de la firma espectral permitieron discriminar grupos de frutos con PI y frutos sanos para PI difuso y mixto, no así para radial. Las principales longitudes de onda involucradas en la discriminación de las clases en PI difuso, mixto y total se presentan entre los 650-800 nm ubicándose en el peak de la absorción de clorofila y al inicio del infrarrojo cercano.



**Foto 3.** Escala de severidad ((a): leve; (b): moderado y (c): severo) de pardeamiento interno radial en manzanas cv. Cripp's Pink



**Foto 4.** Escala de severidad ((a): leve; (b): moderado y (c): severo) de pardeamiento interno difuso en manzanas cv. Cripp's Pink.

## Destacamos



### ► Visita Empresa

Hugues Chalopin, representante de Grenner. Talca. 13/12/16.



### ► Reunión de Trabajo

J.A.Reyes, Mabel Vidal y Patricia Moller en reunión Proyecto FIA: "Sistema de Alerta en línea para mejorar la condición y calidad e manzanas". Talca. 27/12/16.



### ► Asesoría

V. Lepe junto a Luis Correa y Raúl Jara en Huertos Wapri La Chispa. Río Claro. 27/12/16.



### ► Charla a productores

Álvaro Sepúlveda, especialista en clima del CP, en reunión con productores de Ag. San Clemente, Talca. 06/01/17.



### ► Visita Internacional

Productores del Südtirol, Italia, en el CP. 10/01/17.



### ► Asesoría

V. Lepe junto a Miguel Vial en Huerto El Parronal. Graneros. 11/01/17.



### ► Proyecto PMG

V. Lepe, D. Simeone y M. Fuentes en evaluaciones del Proyecto: "Programa de Mejoramiento Genético Asociativo del Manzano", Pelarco. 13/01/17.



### ► Examen de Grado

Carlos Flores en su examen de grado. Talca. 19/01/17.



### ► Examen de Grado

Angelica Gutierrez en su examen de grado. Talca. 26/01/17.



### POMÁCEAS

Boletín Técnico editado por el Centro de Pomáceas de la Universidad de Talca, de aparición periódica, gratuita.

**Representante Legal:** Dr. Álvaro Rojas Marín, Rector

**Director:** Dr. José Antonio Yuri, Director Centro de Pomáceas

**Editores:** José Antonio Yuri - Valeria Lepe - Mauricio Fuentes

**Dirección:** Avenida Lircay s/n Talca. Fono 71-2200366 | E-mail: pomaceas@utalca.cl

**Sitio Web:** <http://pomaceas.utalca.cl>