

Boletín Técnico POMÁCEAS

ISSN 0717-6910



Detección de expresión vegetativa en manzanos Utilizando sistemas aéreos.

Una intensa labor de asistencia técnica desarrolla el CP en la zona de Angol, particularmente con las empresas CHISA y San Clemente. El convenio incluye visitas regulares, asesoramiento en nutrición, manejo de copa, clima y calidad de fruta, así como charlas específicas.



Se observa una evidente expansión del cultivo del manzano hacia el Sur, con un epicentro que hoy se localiza entre Angol y Freire. Allí se pueden encontrar los huertos con mayor desarrollo tecnológico de Chile.



Dr. Carlos Poblete
Investigador del Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA).



Mercedes Arias y Vivian Severino
Departamento de Producción Vegetal de la Universidad de la República Oriental de Uruguay.



CLIMA
Persiste alto estrés sobre cultivares de media estación.

Detección de expresión vegetativa en manzanos con sistemas aéreos (dron-uav)

Carlos Poblete – cpoblete@utalca.cl

Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA) - Universidad de Talca.

La agricultura de precisión se basa en el análisis de la variabilidad espacial de distintos factores abióticos (suelo, drenaje, estrés hídrico), así como bióticos (malezas, enfermedades y plagas), existentes en los huertos. Para realizar una correcta aplicación de las técnicas es necesario localizar la variable de interés mediante la utilización de los sistemas de posicionamiento global (GPS), sensores, software y computadores.

El objetivo de la agricultura de precisión es identificar zonas de manejo homogéneo para realizar aplicaciones y prácticas de manejo localizadas. Con ello es posible aumentar los beneficios económicos y, por ende, mejorar la sostenibilidad de los huertos. Así, la inspección de los huertos frutícolas, mediante el uso de drones o sistemas aéreos no tripulados (UAV- por las siglas en inglés Unmanned Aerial Vehicle), se está convirtiendo en una práctica relevante a la hora de tomar decisiones de manejo. Los UAVs se han desarrollado en los últimos años como una plataforma aérea para la adquisición de imágenes con múltiples aplicaciones en la agricultura. Las principales ventajas de los UAVs frente a otras plataformas aéreas, tales como satélites y aviones tripulados, son la facilidad para realizar vuelos en el momento deseado, su menor costo y el menor riesgo de accidentes. Además, la información temporal de los sistemas convencionales está limitada por la disponibilidad de los aviones tripulados y frecuencia de re-visita de los satélites, a diferencia de los UAVs, que pueden ser utilizados en periodos determinados por los usuarios. Existen diversos modelos, formas y fabricantes de UAVs, pero básicamente éstos se pueden categorizar en siste-

mas multirrotor (o ala rotatoria) y de ala fija (Fixed-Wing) (**Foto 1a y 1b**). El sistema multirrotor o multicóptero (con distinto número de motores y hélices), sirve para realizar operaciones de corta dis-

tancia y trabajos específicos, ya que tienen la capacidad de quedar fijos en un punto determinado y realizar su operación sin necesidad de desplazarse. Estos aparatos pueden realizar un despegue y aterrizaje vertical (Vertical Take Off and Landing - VTOL), lo que les permite operar en condiciones especiales. Por otro lado, los drones de ala fija, en general, son utilizados para realizar labores en grandes extensiones y distancias, ya que tienen una mayor velocidad de crucero y autonomía de vuelo. No obstante, son equipos más complejos, tienen un mayor tamaño y para operarlos se necesita más experiencia. El monitoreo aéreo de huertos puede ser realizado con distintos UAVs. Sin embargo, la precisión y confiabilidad de los datos depende de una serie de factores técnicos, tales como altura y plan de vuelo, captura de imágenes en movimiento, estabilidad del UAV, condiciones climáticas, presencia de aerosoles en la atmósfera y ubicación del sol (efecto hot spot). Además, para un monitoreo correcto es necesario considerar qué tipo de cámaras serán utilizadas. La elección de éstas depende de múltiples factores, tales como objetivo del monitoreo (detección de estrés, expresión vegetativa, cobertura, conteo de plantas, volumen de copas, etc.), presupuesto (por el costo de las cámaras), precisión (tipo de sensor), resolución (tamaño de píxeles) y área de monitoreo. Básicamente el monitoreo aéreo realizado con los UAVs corresponde a la captura de imágenes de los huertos, que pueden ser utilizadas para conocer en tiempo real o con un mínimo desfase (un par de días), para mejorar las labores y productividad. El uso de los UAVs permite mejorar las técnicas de agricultura de precisión mediante la recolección de grandes cantidades de datos en cortos periodos de tiem-



Foto 1. Sistema multirrotor (a; Fuente: <http://www.draganfly.com>) y de ala fija (b; Fuente: <http://precisionhawk.com>).

po. Con ello los agricultores pueden pasar de un “muestreo de una planta específica” (monitoreo tradicional), a medir toda la población (cuartel o huerto completo). Otra ventaja de las imágenes obtenidas con los UAVs es su alta resolución (píxeles menores a un centímetro para imágenes convencionales del tipo RGB). Esto se puede lograr gracias a que los UAVs son capaces de volar mucho más bajo y adquirir así imágenes con una resolución mucho mayor que los sistemas tradicionales. Ello posibilita la detección de cambios sutiles pero importantes en la estructura de las plantas.

ESTUDIO DE CASO

Durante la temporada 2014/2015 se realizó un monitoreo aéreo de dos cuarteles de manzanos, localizados en la comuna de San Clemente, Región del Maule, con características contrastantes, a fin de obtener información cuantitativa de ellos, en relación a su expresión vegetativa, en particular el grado de cobertura. El Cuartel 1, “Débil”, tiene una superficie de 6,5 ha, cv. Granny Smith/MM 111, plantado el 2006, a 4,2 x 2,2 m (1.082 plantas/ha), y una producción media de 55 ton/ha. Por su parte el Cuartel 2, “Vigoroso”, consta de 5,5

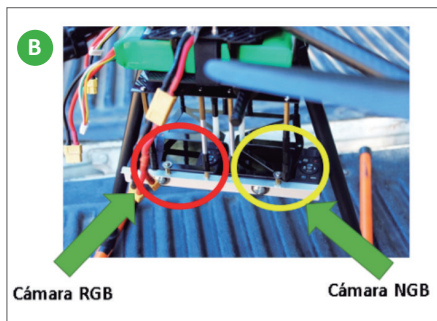


Foto 2. Sistema multirrotor de 4 hélices (a) y detalle de las cámaras (b; RGB y NGB).



Figura 1. Software para diseño del plan de vuelo, configuración del vehículo e interpretación de la telemetría.

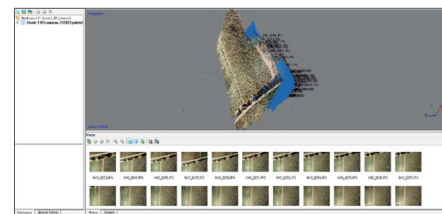


Figura 2. Proceso de generación del ortomosaico.

ha, cv. Granny Smith/MM 106, plantado el 2000, a 4,0 x 2,2 m (1.136 plantas/ha), y una producción de 80 ton/ha. Para el monitoreo de los cuarteles se utilizó un sistema UAV multirrotor de 4 hélices, equipado con una cámara RGB convencional, con una resolución de 12.1 megapíxeles (Canon modelo S100), más una cámara modificada NGB, con un filtro en el infrarrojo cercano (**Foto 2a y 2b**). El UAV utilizado cuenta con la capacidad de despegue y aterrizaje vertical y está dotado de un GPS que le permite volar de manera automática, siguiendo una ruta previamente programada. El sistema de manejo del UAV incluye una emisora de radiocontrol, una estación base para recepción de datos de telemetría y un software para diseño de rutas (plan de vuelo), configuración del vehículo e interpretación de la telemetría (**Figura 1**). El tiempo de vuelo para cubrir cada uno de los cuarteles fue de 8 minutos, considerando una altura de 100 metros. Las imágenes RGB y NGB obtenidas (170 individuales para cada vuelo), fueron unidas mediante un proceso de generación del ortomosaico (**Figura 2**), que consideró la alineación de las fotos y la construcción de la geometría y la textura. Para realizar este proceso se utilizó un software comercial y un computador de alto rendimiento, lo que permitió completar el proceso en 10 horas. Para el cálculo del grado de cobertura de cada cuartel se utilizó un código de segmentación entre suelo y planta, escrito en MATLAB, para el análisis de las imágenes (**Figura 3**). Los resultados de estos análisis preliminares mostraron que la cobertura del Cuartel 1 “Débil”, fue de 34%, mientras que la del Cuartel 2, “Vigoroso”, fue de 49% (**Figura 4**). Esto evidencia que el

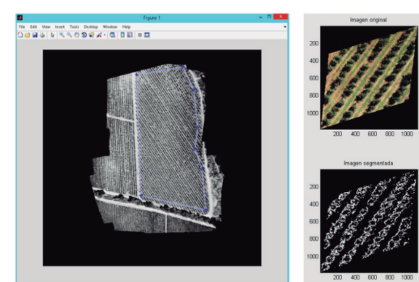


Figura 3. Visualización de los resultados del código de segmentación.

uso de sistemas UAV permite una detección en forma rápida y cuantitativa de las condiciones actuales de un huerto. Análisis posteriores de la información recolectada, en especial de las imágenes NGB, pueden ser utilizados para determinar zonas de expresión vegetativa diferente dentro de los cuarteles. Esta información es relevante, debido a que posibilita el monitoreo dirigido de diferentes variables de interés agrícola, como rendimiento, daño por sol, plagas y enfermedades, entre otras.

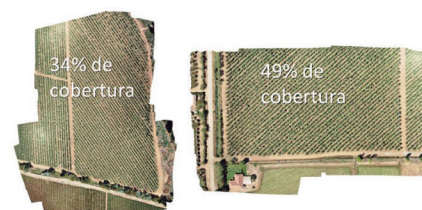


Figura 4. Comparación de los cuarteles monitoreados.

AGRADECIMIENTOS: Este trabajo fue realizado gracias al equipamiento financiado por el Proyecto FONDECYT Iniciación a la Investigación N° 11130601.

Resumen de Investigaciones

CAMBIOS EN LA CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS ASOCIADOS CON LA ZONA DEL FRUTO CON DIFERENTES NIVELES DE DAÑO POR SOL EN MANZANAS CV. FUJI.

(QUILODRAN, A. 2008. MEMORIA DE GRADO. U. DE TALCA. 52 P. PROF. GUÍA: YURI, J.A.).

Durante la temporada 2007/08 se evaluó los cambios en la concentración de compuestos fenólicos asociados con zonas del fruto con diferentes niveles de daño por sol en manzanas cv. Fuji (**Foto 3**). Se analizó la relación de cambios fisiológicos con el desarrollo de compuestos propios del metabolismo secundario, como son los compuestos fenólicos. La fruta se recolectó de árboles ubicados en el huerto San Carlos, Comuna de San Clemente (35°30' L.S.,



Foto 3. Manzanas cv. Fuji con daño por sol

71°28' L.O., 83 m.s.n.m.), plantados en 1995 a 4,5 x 2,75 m, injertados sobre patrón franco, con orientación E-O. Para el estudio de los compuestos fenólicos, se utilizó piel y pulpa de fruta con tres niveles de daño por sol, diferenciados visualmente. En piel se ana-

lizó la zona expuesta al sol, su contorno y la cara no expuesta; mientras que en pulpa se analizó tanto la zona expuesta y no expuesta. La cosecha fue en enero (95 DDPF) y marzo (174 DDPF). Para caracterizar las diferencias en los distintos niveles de daño, se midió el grado de deshidratación de cada tejido, evaluación de cortes histológicos, cantidad de pigmentos clorofílicos y antocianinas, concentración de fenoles totales (flavonoles, quercetinas) en piel, capacidad y actividad antioxidante de acuerdo a distintas técnicas útiles para metabolitos hidrosolubles, alcohol solubles y liposolubles. Los resultados indicaron que al comparar las zonas de los distintos niveles de daño, se encontraron diferencias significativas en los porcentajes de deshidratación y densidad celular, fenoles totales y capacidad antioxidante, principalmente en los niveles de daño por sol severo y moderado; en fruta sana en enero y marzo, no se apreciaron diferencias significativas entre las distintas zonas de piel y pulpa. Los resultados de la peroxidación de lípidos (TBARS) y la actividad antioxidante (determinada por la reducción de ácido ascórbico y por la reducción de oxidación de lípidos) fueron erráticos. Las Quercetinas en la piel de la cosecha de marzo, demostró distinto comportamiento cuando se estudió el contorno de la zona expuesta, en los niveles severo y moderado, comparado con el nivel sano. La cuantificación de fenoles totales en piel, detectó aumentos altamente significativos en enero y marzo, en los niveles severo y moderado; el nivel de daño severo presentó valores de 1.200, 1.256 y 782 µg de equivalente de ácido clorogénico/cm² de piel fresca en enero y 1.532, 1.380 y 658 µg equivalente de ácido clorogénico/cm² de piel fresca en marzo, en las zonas expuesta central y contorno y no expuesta, respectivamente; similar tendencia se observó en pulpa de manzanas (**Cuadro 1**).

Cuadro 1. Efecto del nivel de daño sobre la cantidad de compuestos fenólicos (mg EAC/g PF) en piel y pulpa

ZONA MEDICIÓN	FECHA MEDICIÓN	PIEL		
		SANO	MOD	SEVERO
Expuesto Central	ENERO	768	1.006 ab	1.200 a
Expuesto Contorno		719	1.172 a	1.256 a
No Expuesto		669	791 b	782 b
Significancia ^(x)		n.s.	**	**
Expuesto Central	MARZO	689	1.340 a	1.532 a
Expuesto Contorno		648	1.145 a	1.380 a
No Expuesto		568	631 b	658 b
Significancia ^(x)		n.s.	**	**
		PULPA		
Expuesto	ENERO	2,9	5,8 a	4,2
No Expuesto		3,2	2,7 b	3,7
Significancia ^(x)		n.s.	**	n.s.
Expuesto	MARZO	13,9	18,9 a	21,5 a
No Expuesto		12,7	14,6 b	13,5 b
Significancia ^(x)		n.s.	**	**

Significancia^(x): n.s.: no significativo; *: p≤0,05; **: p≤0,01. Separación de medias mediante Test Tukey.

Resumen Climático

CONDICIONES CLIMÁTICAS DURANTE COSECHA

La primavera y verano cálido han promovido una alta acumulación térmica (**Cuadro 2**). Con ello, el desarrollo del fruto no se ha retrasado, por el contrario, la fecha de cosecha de Galas mostró un adelanto en la zona central. Durante el verano, exposición a altas temperaturas (T°) y baja humedad relativa (HR), tienen un efecto adverso sobre la calidad de la fruta. En veranos secos y calurosos, no sólo disminuye la fotosíntesis, también la fruta se daña por sol, no se desarrolla el color de cubrimiento, aumenta el riesgo de aparición de alteraciones fisiológicas, asociadas a desbalances nutricionales, las que se manifiestan en la post cosecha. En general, la vida de post cosecha se ve limitada. Días con 5 horas continuas en que la temperatura del aire estuvo sobre 29°C es indicador de riesgo de daño por sol. En el transcurso del verano, la cantidad de eventos conducentes a daño por sol durante la temporada en curso ha sido

Cuadro 2. Variables calculadas en todo el período de crecimiento del fruto: Grados día (base 10) y Días con condiciones para daño por sol (5 h con $T^\circ > 29^\circ\text{C}$), entre 1 de octubre y 15 de marzo.

	GRADOS DÍA			DÍAS DAÑO POR SOL		
	PROMEDIO (2008-14)	2013/14	2014/15	PROMEDIO (2008-14)	2013/14	2014/15
GRANEROS	1.411	1.440	1.467	19	18	31
MORZA	1.263	1.299	1.315	22	41	43
LOS NICHES	1.169	1.229	1.266	15	15	23
MOLINA	1.373	1.368	1.408	14	17	27
SAN CLEMENTE	1.353	1.424	1.445	21	32	32
LINARES	1.320	1.279	1.315	-	19	24
ANGOL	1.243	1.250	1.266	17	15	10
FREIRE	789	-	808	3	2	2

alta (**Cuadro 2**). Ésta alza promovería un incremento del síntoma en el fruto. Una de las formas de cuantificar el efecto nocivo de las condiciones de pre cosecha sobre la fruta, es a través del Índice de Estrés, variable que relaciona T° y HR de la atmósfera. Así, un ambiente estresante para la planta es cuando está sometida a alta T° y baja HR. La tendencia de 2014/15 a ser

una temporada estresante, se ha mantenido y acentuado hacia fines del verano, el Índice de Estrés durante la pre cosecha de cultivares de media estación ha sido alto (**Cuadro 3**). Ello tendría efectos negativos en la calidad organoléptica de la fruta y en su potencial de almacenaje. Se ha observado una relación positiva entre el Índice de Estrés y la dilución de nutrientes que sufre el fruto entre la división celular y la cosecha. Por último, acumulación de frío en pre cosecha, durante los 30 días antes de cosecha, es deseable para estimular el desarrollo de color de cubrimiento. El registro del número de horas con $T^\circ < 10^\circ\text{C}$ ha sido baja en relación a la acumulación habitual en cada localidad (**Cuadro 4**). Zonas con bajo registro de frío de pre cosecha y alto índice de Estrés, se enfrentan a un escenario de falta de color, en el cual con una cosecha tardía en espera de éste, podría comprometerse más aún la condición de la fruta en post cosecha. La efectividad del uso de reflectantes para el desarrollo de color dependería de la presencia de bajas T° , puesto que éstas estimulan la síntesis de antocianinas. Resumiendo, el nivel de estrés durante el verano se ha acentuado, lo que sería nocivo para los cultivares de media estación. Reducido frío en pre cosecha podría conducir a una cosecha tardía, con maduración avanzada de la fruta, en espera de color. Esto sería perjudicial para el potencial de guarda. Se esperaría una alta dilución de nutrientes, lo que acentuaría la regular condición de la fruta en almacenaje, en localidades con altas T° en primavera durante la división celular. Con ello, existiría un alto riesgo de aparición de alteraciones en post cosecha si los programas nutricionales no son reforzados oportunamente.

Cuadro 3. Índice de Estrés (miles), durante los últimos 30 días al 28 de febrero y al 15 de marzo.

	29 ENERO - 28 FEBRERO			13 FEBRERO - 15 MARZO		
	PROMEDIO (2008-14)	2013/14	2014/15	PROMEDIO (2008-14)	2013/14	2014/15
GRANEROS	41.3	44.6	40.7	37.8	38.2	38.3
MORZA	30.8	40.9	38.4	28.5	34.9	35.3
LOS NICHES	28.7	28.6	30.3	25.9	24.3	22.1
MOLINA	31.3	32.9	35.5	27.1	27.9	27.7
SAN CLEMENTE	36.3	42.1	43.6	33.3	38.5	36.3
LINARES	36.2	33.8	38.4	35.1	29.8	29.4
ANGOL	33.5	36.7	45.5	29.8	35.7	44.8
FREIRE	15.1	15.7	22.0	13.5	15.6	22.3

Cuadro 4. Número de horas con $T^\circ < 10^\circ\text{C}$ durante los últimos 30 días al 28 de febrero y al 15 de marzo.

	29 ENERO - 28 FEBRERO			13 FEBRERO - 15 MARZO		
	PROMEDIO (2008-14)	2013/14	2014/15	PROMEDIO (2008-14)	2013/14	2014/15
GRANEROS	18	24	9	38	37	14
MORZA	74	110	43	105	116	87
LOS NICHES	74	56	20	108	73	51
MOLINA	15	31	8	28	32	21
SAN CLEMENTE	21	24	15	37	38	30
LINARES	64	49	27	82	61	51
ANGOL	21	30	5	28	25	7
FREIRE	115	115	128	121	158	161

Destacamos



► **Visita Empresa**

John Skinner, Markus y Michael Bradwarter. 04/03/15.



► **Visita Técnica**

Hugo Silva. 24/03/15.



► **Visita**

Jean-Marie Codron, Director de Recherche INRA, Supagro, Montpellier, Francia. 16/04/15.



► **Reunión Comité Técnico Pink Lady®**

Teno. 06/04/15.



► **Pasantía**

A través de un convenio A.N.A. – CP realizó una pasantía por tres meses Jennifer Kruse, Alemania. 02/02/15 - 02/04/15.



► **Encuentro**

Claudio Esser, Angol. 10/03/15.



► **Visita Angol**

Francisco Prat, Fernando Vargas y J.A.Yuri, Angol. 10/03/15".



► **Reunión de Trabajo**

Ricardo Larral junto al equipo de CHISA S.A., Angol. 10/03/15.



► **Visita Terreno**

Mauricio Frías, J.A.Yuri y José Manuel Silva, Angol. 10/03/15.



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>