

## Modulación productiva en frutales mediante Vitazyme

La Cruz, 20 de Mayo de 2021

### Introducción

Los Brasinoesteroides (BRs) son fitohormonas, y fueron descubiertas en granos de polen de raps hace más de 50 años y pueden generar variadas respuestas fisiológicas en las plantas. Una característica muy llamativa de BRs es su capacidad de activar procesos fisiológicos en concentraciones muy bajas comparadas a otras fitohormonas. A nivel de órganos vegetales, predominan en tejidos jóvenes de estructuras vegetativas como ramillas, cuya concentración está en el rango de 0,014 a 30 µg/kg, mientras que en tejidos reproductivos alcanzan concentraciones mucho mayores, entre 1 y 1800 µg/kg.

En extractos de algas de *Ecklonia maxima* se encuentran en concentraciones de 0,000000013 mg l<sup>-1</sup> (Stirk et al. 2014), mientras que para coleccionar sólo 4 mg de BRs a partir de polen de raps se requerirían 40 kg de polen (Grove et al. 1979).

La aplicación práctica de BRs en Agricultura todavía es reciente, y esto se relaciona con la diversidad de respuestas que pueden modular en las plantas.

Cuadro 1. Efectos fisiológicos de BRs en plantas ((Khripach, Zhabinskii, and de Groot 2000)

Nivel celular	Nivel planta completa
Estimulación de la división y elongación celular	Estimulación del crecimiento vegetal y/o frutal
Efecto en el balance hormonal	Mejoramiento de la eficiencia de fertilización
Activación enzimática y activación de bombas de H <sup>+</sup>	Acortamiento del periodo de crecimiento vegetativo
Activación de proteínas y síntesis de aminoácidos	Efecto sobre el contenido de nutrientes y mejoramiento de la calidad de la fruta
Efecto sobre la composición de ácidos grasos y propiedades de estabilidad de membranas	Incremento de la resistencia a condiciones ambientales desfavorables, estrés y enfermedades
Incremento de la capacidad sumidero y traslocación de productos, aumento de capacidad fotosintética	Incremento de la producción

Uno de los aspectos interesantes de la respuesta a aplicaciones de BRs, es que la actividad fotosintética de la planta se estimula por un periodo de tiempo de hasta 168 horas (una semana), logrando crecimientos vegetativos significativos en este tiempo (Yu et al. 2004)(Figura 1).

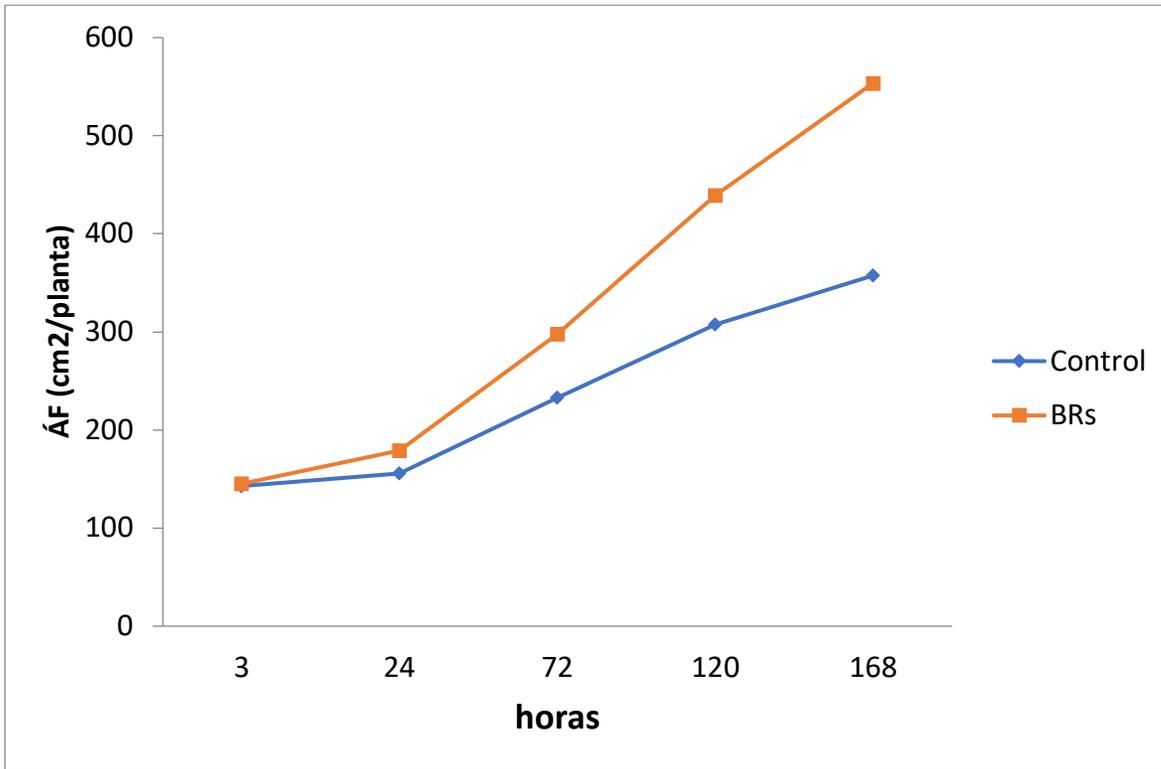


Figura 1. Efecto de BRs 0,1 g/L sobre el crecimiento de. hojas de plantines de pepino, *Cucumis sativus*, según( Yuet al, 2004)

Algunas experiencias con Vitazyme, cuya formulación contiene BRs y triacontanol, otro regulador de crecimiento natural, han sido consistentes para modular la producción frutal, especialmente en paltos y cítricos.

### Estimulación del crecimiento vegetal en condiciones de replante

En Illapel (Agr Las Cañas) en un huerto de condiciones de replante de paltos establecido en año 2012 en suelo franco arcilloso, sobre porta injerto de semilla Mexícola, con alta presión de *Phytophthora cinamommi* en razón de 3000 a15000 ufc, se realizaron los siguientes tratamientos en abril de 2013.

- T0: Testigo: s/t
- T1: Vitazyme 1 L/ha x 4 aplicaciones cada 7 días aplicado por el riego (R+R+R+R)
- T2: Vitazyme 0,2% x 4 aplicaciones cada 7 días, aplicado foliar (F+F+F+F).
- T3: Vitazyme Riego 1 L/ha, Vitazyme Foliar 0,2%, Vitazyme Riego 1L/ha, Vitazyme Foliar 0,2%, separados en 7 días (F+R+F+R)

En Octubre de 2013, 6 meses después de la aplicación, se evaluó el área foliar en 4 parcelas de 10 árboles de cada tratamiento (160 árboles evaluados en total)

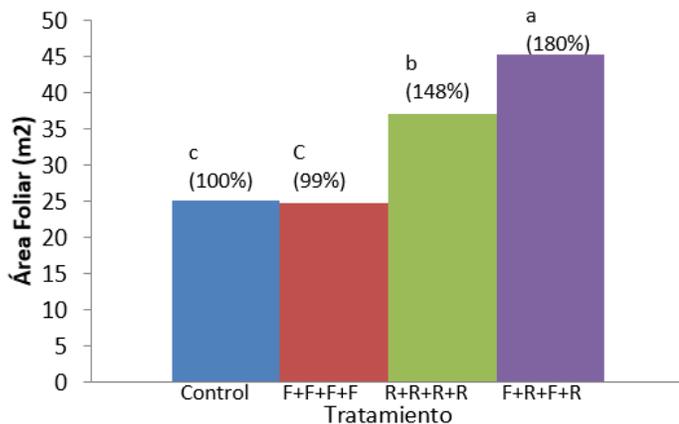


Figura 2. Incremento del área foliar de parcelas de 10 paltos (promedio de 4 parcelas por tratamiento) en la localidad de Illapel. Los tratamientos fueron realizados con Vitazyme Foliar (F) o riego (R) cada 7 días. A la derecha registros fotográfico de ramillas luego de primera aplicación de Vitazyme 0,2% (izquierda) comparado a Testigo (derecha).

Los tratamientos de Vitazyme vía riego son muy eficaces para mejorar el área foliar, y aunque el estímulo foliar no sería sostenido en el tiempo. Lo más sorprendente es la sinergia entre aplicaciones foliares y vía riego, lo que se explicaría principalmente por la activación de raíces como sumidero de otoño de hojasy ramillas. :

## Producción

En trabajos realizados en paltos cv. Hass de la zona de Cabildo, se definieron 4 grupos de tratamientos cuyo objetivo era aumentar la producción y el calibre de la fruta. Las aplicaciones de foliares de Vitazyme y Cultar se realizaron al follaje, con mojamientos de 500 l/ha en el momento de apertura floral (10% de flores abiertas) y cuaja, con brotes de 10 cm.

Cuadro 2. Experimento de Vitazyme y Cultar aplicados al follaje en floración (año off). Resultados de producción, calibre y valoración económica de los tratamientos. Cabildo, noviembre de 2013.

Tratamiento	Kg/árbol	N° frutos/árbol	Peso fruto (gr)	% Calibres > 50**	US \$/árbol
Control	101,4	491,8	206	59,2	119,7 a**
Vitazyme <sub>f</sub>	85,7	416,7	209	52,9	99,3 ab
Vitazyme <sub>f</sub> +Cultar <sub>c</sub>	91,6	408,2	230	79,0	116,7 a
Vitazyme <sub>f</sub> + Vitazyme <sub>c</sub>	64,4	328,1	220	67,6	69,1 b
Cultar <sub>c</sub>	71,8	330,8	220	71,9	89,5 ab
Valor p*					
Trat. Año 1	0,059	0,152	0,170	0,105	0,007

\*Valor p indica nivel significancia según ANDEVA.

\*\*Datos porcentuales fueron normalizados con la función  $\arcsin(y)^2$  antes de ANDEVA y luego re-transformados. Calibres de embalaje (gr/fruto): 32 (333-450 gr), 36 (305-332 gr), 40 (255-304 gr), 50 (205-254 gr).



Si bien no hubo cambios significativos en la producción, sí se constató que la concentración de calibres sobre 205 gr (calibre 50), aumentó en tratamientos con la mezcla Vitazyme floración y Cultar en Cuaja. Además, los tratamientos con Vitazyme incrementaron el área foliar, y también incrementaron el contenido de materia seca de la fruta a cosecha (Cuadro 3)

*Cuadro 3 Área foliar de árboles tratados con Vitazyme y Cultar, N° de inflorescencias por ramilla y materia seca de fruta a la cosecha. Cabildo, noviembre de 2013.*

Tratamiento	AF(m2) Baja	Nº inflorescencias ramillas	deMateria seca a por cosecha (%)
Control	121,9 b**	10,0 b**	21,24%
Vitazymef	140,4 ab	7,3 b	23,44%
Vitazymef +Cultarc	151,3 a	8,9 b	21,18%
Vitazymef + Vitazymec	154,9 a	15,5 a	21,79%
Cultarc	136,4 ab	9,6 b	20,73%
valor p*	0,047	0,028	

\*Valor p indica nivel significancia según ANDEVA.

### Calidad de la fruta

La experiencia en mandarinos Murcott todavía es reciente. En un ensayo de campo realizado en Agr Garretón Ltda (Región de Valparaíso) en mandarinos Murcott plantados el año 2013, fueron tratados con Vitazyme 2 L/ha aplicado el 4 y 14 de enero de 2017, con frutos de 23 a 26 mm, justo antes del inicio del llenado del fruto, en lo que se conocen como etapa 2 de crecimiento del fruto. En este caso, el incremento de tamaño de fruto fue en promedio fue 2 mm mayor en el tratamiento Vitazyme, lo que se reflejó en una mayor proporción de fruta de calibre 3.

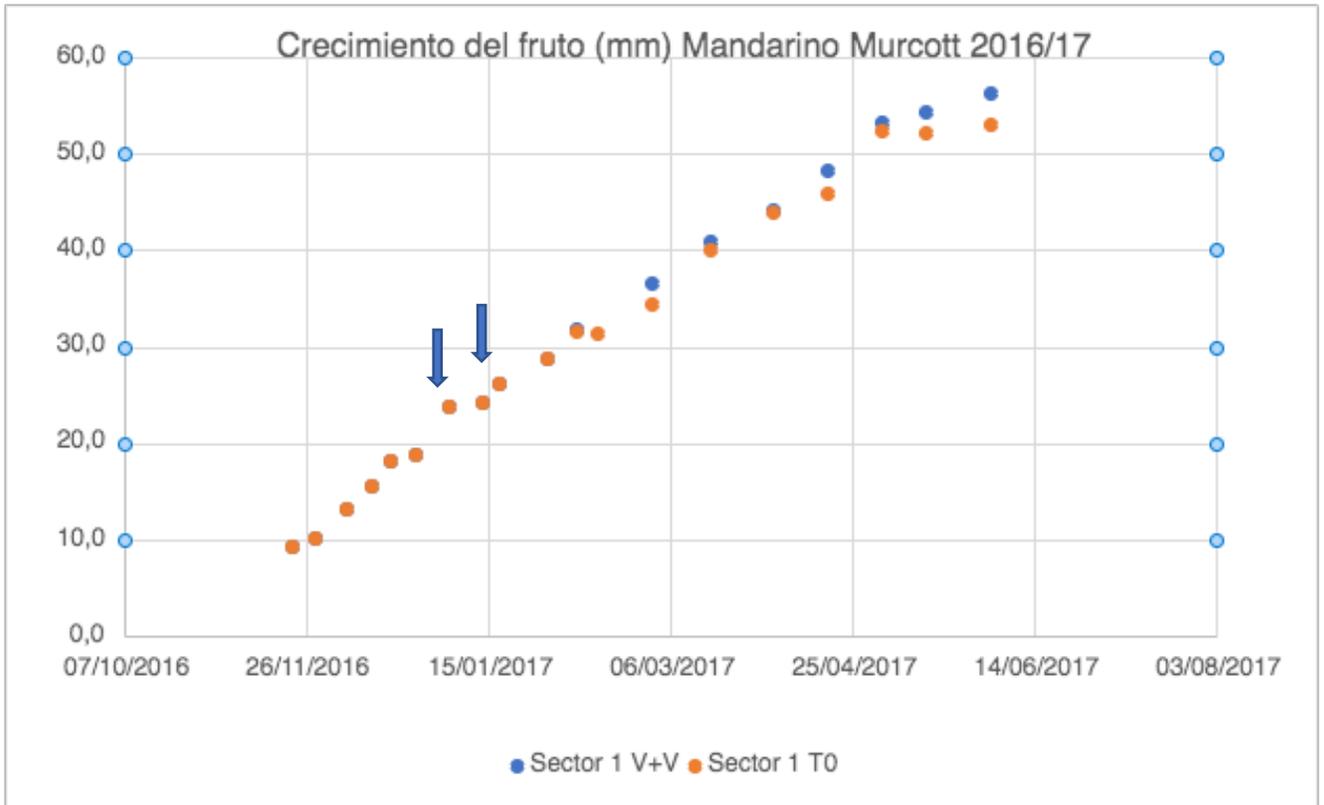


Figura 3. Curva de crecimiento de mandarina Murcott (Agr Garretón) luego de dos aplicaciones de Vitazyme en frutos de 23 a 26 mm (flechas azules).

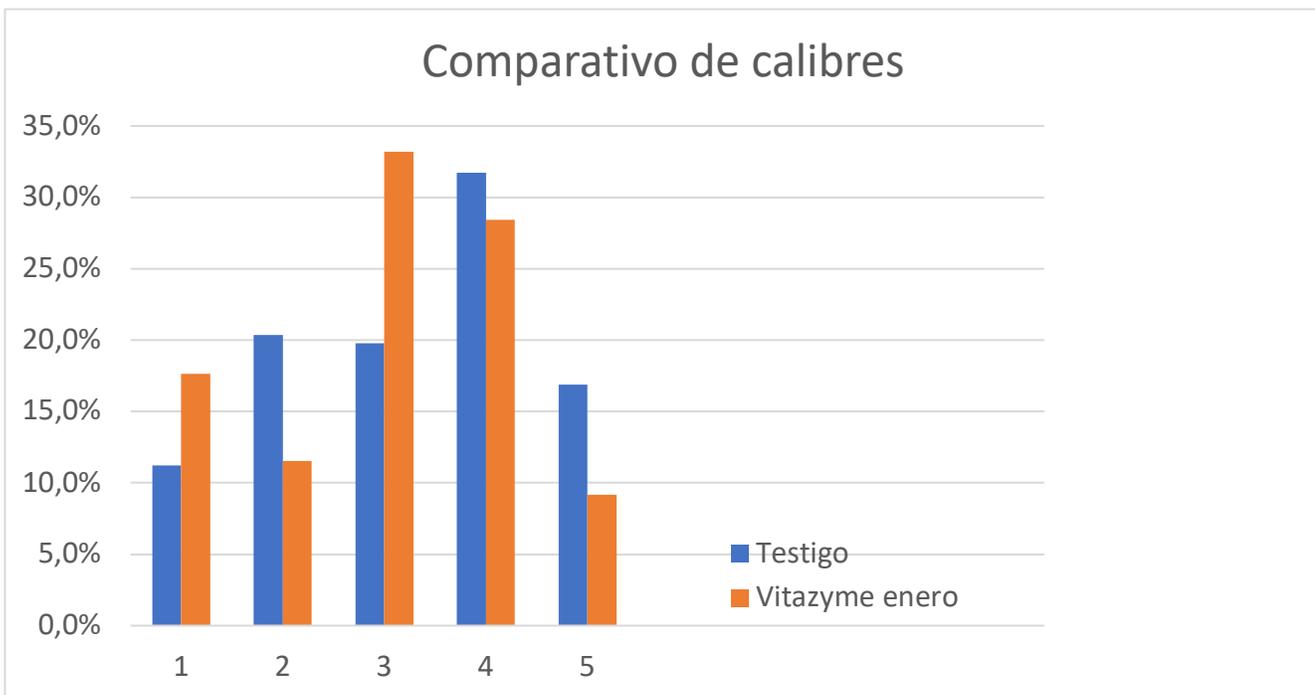
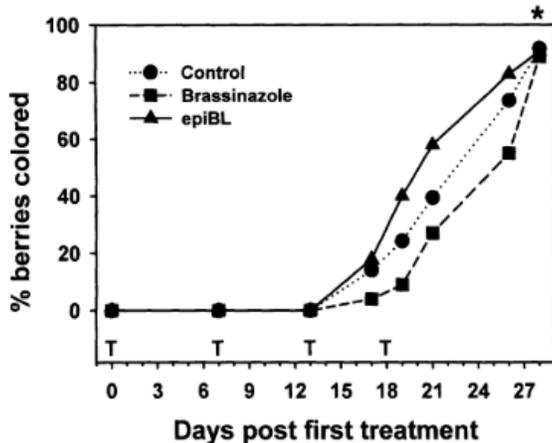


Figura 4. Distribución porcentual de calibres de frutos a la cosecha (agosto de 2016) tratados con Vitazyme vía riego en huerto de mandarina cv. Murcott, enero de 2016.



Lamentablemente no hubo seguimiento de la calidad interna de la fruta como la concentración de azúcares ( $^{\circ}$ Brix), aunque suponemos que la calidad interna se pueda favorecer tal como se ha observado en otros frutales, cuando los BRs son aplicados en la etapa 2 de crecimiento de la fruta como uva vinífera (Symons et al. 2006), Figura 5.



Tratamiento (BRs aplicado a 35 días después de antesis, después de repetido cada 7 días)  $^{\circ}$ Brix a los 28 días después de tratamiento

Control 12,7

BRs (200 ng/baya) 13,4

Inhibidor de BRs (10  $\mu$ g/baya) 11,7

Figura 5. Efecto de aplicación exógena de BRs, inhibidor de brasinoesteroides (Brassinazole) sobre la madurez de la fruta ( $^{\circ}$ Brix y % de color).

### Iniciación o Inducción floral

La iniciación floral o inducción floral corresponde a un momento en que las yemas vegetativas cambian su naturaleza interna o su vocación de ser crecimientos vegetativos, para llegar a ser crecimientos reproductivos. Este cambio se hace posible gracias a la síntesis de ciertas proteínas “florígenas” en las hojas, como respuesta a condiciones ambientales (Ej. Bajas temperatura o vernalización, fotoperiodo), baja producción de ácido giberélico endógeno, especialmente notorio en años de baja producción. Es importante señalar que dichos cambios en la naturaleza de la yema proviene de señales de las hojas, y estas a su vez deben estar en un cierto equilibrio con la carga frutal. Esto último es muy importante ya que determina que la inducción será posible en condiciones bien particulares o será potenciada gracias a manejos de poda o raleo de exceso de carga.

En el caso de cítricos, se ha identificado dos factores florígenos sensados por las hojas: fotoperiodo 13/11 (13 horas noche, 11 horas día), lo que en Chile central, sucede a partir de la última semana de Abril. Además, y tal vez más importante que el fotoperiodo, la condición de temperaturas ambientales de la tarde deben estar en el rango de 12 a 15°C, lo cual sucede entre la segunda quincena de mayo y la primera quincena de Junio (Figura 6).



Estación Alto Mogollones (°C), Sofrucu, Las Cabras, Región de O'Higgins

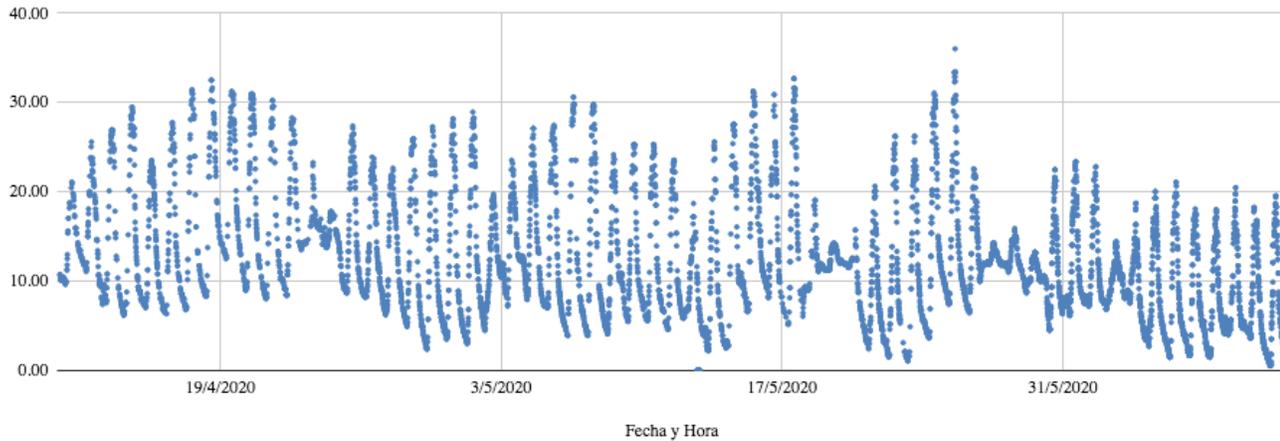


Figura 6. Registro de temperaturas de Mogollones. Periodo Abril a Junio de 2020. Las temperaturas de inducción floral se producen a partir de la tercera semana de Mayo de 2020.

En el caso de los paltos, la iniciación floral está regulada por la carga frutal del año precedente, y la síntesis del flórigeno (paFT) se produce más anticipado en años de baja carga, y más tardíamente en años de alta carga frutal (Ziv et al. 2014)(Figura 7).

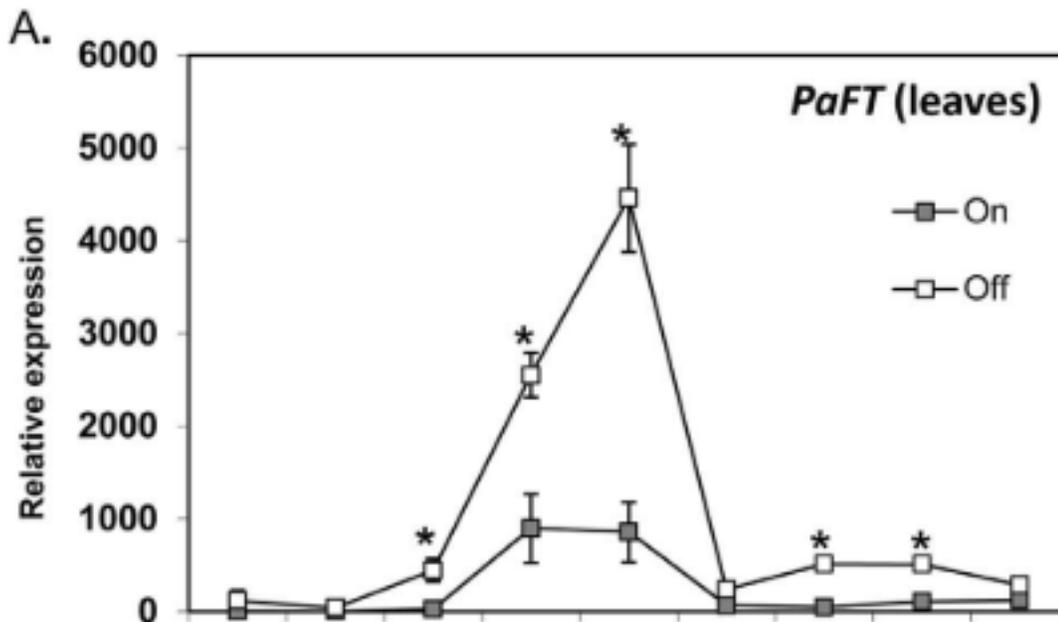


Figura 7. Expresión del Gen de iniciación floral en palto (PaFT)

El rol de los BRs en la fisiología de los frutales, es que reducen la producción de un potente represor de la floración, es decir, facilitan la expresión de flores (Clouse 2008).

Habiendo definido los factores que promueven la floración en paltos y cítricos, la experiencia ha sido bastante potente en paltos. La aplicación del paclobutrazol o uniconazol es bien generalizada en paltos para inducir flores. Es por ello que se



diseño un experimento de campo con tratamientos para inducción floral en Agr Las Cañas (Illapel) en una plantación en alta densidad.

Los tratamientos fueron aplicados en el verano de 2014:

- T0, Testigo
- T1: Cultar 0,5 L/ha (vía riego, 27/2/2014)
- T2: Vitazyme 2 L/ha (aéreo, aplicado el 20/2/2014)

El estado de las plantas tratadas todavía expresaban un desarrollo juvenil (Figura 8 )



*Figura 8. Paltos tratados con Vitazyme y Cultar en Febrero de 2014. El estado de los brotes al momento de la aplicación correspondía a activo crecimiento (20 al 27 de febrero de 2014)*

La evaluación visual de inducción floral se presenta en la Figuras 9 y 10.



Figura 9. Izquierda apreciación de inducción floral en ramillas de árboles tratados con Cultar 0,5 L/h (riego); a la derecha, aspecto de yemas inducidas en tratamiento Testigo.



Figura 10. Izquierda apreciación visual de ramillas inducidas en tratamiento Vitazyme 2 l/ha Febrero (aéreo) comparado con Control en Julio de 2014 (5 meses después de tratamiento)..

Los resultados de producción se presentan el Cuadro 4.



Cuadro 4. Resultados de cosecha de tratamientos en Octubre de 2015, 20 meses después de tratamiento

Tratamiento verano	Producción 2015 (ton/ha)
Vitazyme 2 L/ha (foliar)	13,374
Cultar 0,5 L/ha (riego)	18,477
Control	7,398

Uno de los problemas que enfrentan los huertos de paltos es la alternancia productiva, en la cual grandes producciones, también puede ser un problema potencial a la temporada siguiente con una baja floración que conlleva a una baja productiva en la temporada subsiguiente. Estas experiencias fueron luego replicadas con aplicaciones de Vitazyme vía riego parcializado 4 aplicaciones distanciadas entre 5 a 7 días (4 L/ha desde fines de febrero en año *off* y fines de marzo hasta mayo en año *on*).

Precisamente, el retorno floral de los árboles tratados con Cultar 0,5 L/ha en floración de 2015, fue notoriamente más baja, comparada a tratamiento Vitazyme 2 L/ha (Figura 11).



Figura 11. Retorno floral en primavera de 2015 de árboles tratados con Vitazyme 2 l/ha (izquierda) y Cultar 0,5 L/ha (derecha)

## Conclusiones

El uso de BRs en la formulación de Vitazyme ha sido una eficaz herramienta para el apoyo del crecimiento de la fruta en paltos y cítricos, siendo un factor clave la determinación del momento óptimo de aplicación (dedse pre flor), la repetición de la aplicación (cada 6 a 7 días) y la posibilidad de aplicar vía riego para obtener notables respuestas de estimulación del desarrollo vegetativo (área foliar) y potencialmente el desarrollo reproductivo (mejorar la relación hoja:fruta).

Todavía nos falta información de campo acerca de la capacidad de estas aplicaciones de favorecer calidad interna en fruta cítrica, aunque existe evidencia en paltos y uva vinífera de que aplicaciones en etapa 2 de crecimiento (mediados de enero) sería oportuna para favorecer la acumulación de azúcares y así aumentar los grados Brix a cosecha.

El uso de Vitazyme en momentos cercanos de la inducción floral también favorece el aumento de la floración, por lo que puede contribuir a estabilizar las producciones en temporadas subsiguientes.



## Referencias

- Clouse, Steven D. 2008. "Intersection of Brassinosteroid-Regulated The Molecular Growth and Flowering in Arabidopsis." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105 (21): 7345–46.
- González F. 2015. Homobrasinólid y paclobutrazol para mejorar la producción y reducir la alternancia productiva del palto (*Persea americana* Mill.) cv Hass. Tesis de Magister. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. 61 p.
- Grove, Michael D., Gayland F. Spencer, William K. Rohwedder, Nagabhushanam Mandava, Joseph F. Worley, J. David Warthen, George L. Steffens, Judith L. Flippen-Anderson, and J. Carter Cook. 1979. "Brassinolide, a Plant Growth-Promoting Steroid Isolated from Brassica Napus Pollen." *Nature* 281 (5728): 216–17. <https://doi.org/10.1038/281216a0>.
- Khripach, Vladimir, Vladimir Zhabinskii, and Aede de Groot. 2000. "Twenty Years of Brassinosteroids: Steroidal Plant Hormones Warrant Better Crops for the XXI Century." *Annals of Botany* 86 (3): 441–47. <https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1227>.
- Stirk, Wendy A., Danuše Tarkowská, Veronika Turečová, Miroslav Strnad, and J Staden. 2014. "Abscisic Acid, Gibberellins and Brassinosteroids in Kelpak®, a Commercial Seaweed Extract Made from Ecklonia Maxima." *Journal of Applied Phycology* 26 (1): 561–67. <https://doi.org/10.1007/s10811-013-0062-z>.
- Symons, Gregory M, Christopher Davies, Yuri Shavrukov, Ian B Dry, B James, Mark R Thomas, and James B Reid. 2006. "Grapes on Steroids . Brassinosteroids Are Involved in Grape Berry Ripening '." *American Society of Plant Biologists* 140 (1): 150–58. <https://doi.org/10.1104/pp.105.070706.150>.
- Yu, Jing Quan, Li Feng Huang, Wen Hai Hu, Yan Hong Zhou, Wei Hua Mao, Su Feng Ye, and Salvador Nogués. 2004. "A Role for Brassinosteroids in the Regulation of Photosynthesis in Cucumis Sativus." *Journal of Experimental Botany* 55 (399): 1135–43. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh124>.
- Ziv, Dafna, Tali Zviran, Oshrat Zezak, Alon Samach, and Vered Irihimovitch. 2014. "Expression Profiling of FLOWERING LOCUS T-Like Gene in Alternate Bearing 'Hass' Avocado Trees Suggests a Role for PaFT in Avocado Flower Induction." *PLoS One* 9 (10): e110613. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110613>.