

Avances en el manejo de huertos de Palto (*Persea americana* Mill.) cv Hass en alta densidad en Chile.

Improvements in management of high density avocado (*Persea americana* Mill.) cv Hass orchards in Chile

F. Mena V.; F. Gardiazabal I., C. Magdahl S., C. Adriazola, C., J. Torres B.
Sociedad Gardiazabal y Mena Ltda., Casilla 476, Quillota - Chile.
E-mail: secretaria@gama.cl

Resumen

En los últimos años, la Industria del Palto en Chile ha superado las 40.000 ha, convirtiendo así a Chile en el segundo productor mundial de esta especie después de México. Una de las estrategias de desarrollo de ventajas competitivas que muchos productores han adoptado es la plantación de huertos en alta densidad (+1.100 árboles por hectárea). Este cambio en las densidades ha obligado a desarrollar nuevas técnicas de manejo que permitan mantener los árboles dentro del espacio asignado y con altas productividades.

A diferencia de los huertos de mediana densidad, en huertos de alta densidad la formación en los primeros años es fundamental y ésta puede verse altamente favorecida por la correcta elección de las plantas a nivel de vivero. A nivel de poda de producción hay distintas alternativas que se están probando hoy en día, orientadas principalmente a reducir alternancia productiva y tamaño de árboles.

En este tipo de huertos el uso de reguladores de crecimiento aplicados vía foliar ha jugado un importante rol en el manejo productivo, principalmente para favorecer cuaja. Hoy se está ensayando estos productos aplicados al suelo, no solo para control de vigor sino que también para lograr aumentos de floración y por ende productivos. Importantes cambios en el hábito de crecimiento han sido observados con el uso de estas aplicaciones. También se han observado cambios en la eficiencia de uso de agua y tolerancias a stress tales como salinidad y frío.

Los huertos de alta densidad representan un desafío técnico que debe ser abordado de manera holística.

Palabras Clave: alta densidad, poda, reguladores de crecimiento, vigor, floración

Summary

In recent years, the avocado industry in Chile has surpassed the 40.000 ha, thus making Chile the world's second largest avocado producer after Mexico. One of the competitive strategies that many producers have adopted is the planting of high density orchards (+1.100 trees per hectare). This change in density has forced growers to develop new management techniques to maintain the trees within the assigned space and with high productivity.

Unlike the medium-density orchards, in high density orchards early training is essential and it can be highly favored by the right selection of trees at the nursery. At production level, different pruning alternatives, mainly orientated to control tree size and alternate bearing, are being tested.

In these orchards the use of foliar applied growth regulators has played an important role in production management, mainly used for improving fruit set. Today these products are being tested applied to the soil, not only for vigor control but also for enhancing flowering and therefore productivity. Significant changes in growth habit have been observed with the use of these applications. There have also been observed changes in water use efficiency, and better stress tolerances to salinity and cold.

High density orchards represent a technical challenge that must be addressed holistically.

Keywords: High density, pruning, growth regulators, vigor, flowering

Introducción

La industria de la palta en Chile ha mostrado un fuerte desarrollo en los últimos 30 años, haciendo que Chile sea actualmente, con aproximadamente 40.000 hectáreas plantadas, el segundo productor mundial después de México. Este fuerte desarrollo se ha debido principalmente a las exportaciones a mercados del hemisferio norte que, por otro lado, han tenido un crecimiento muy acelerado a nivel de consumo.

Datos oficiales de superficie plantada en Chile, censados cada 10 años, indicaban una superficie en 1987 de 7.840, en 1997 de 17.047 y en el 2007 de 39.255 hectáreas (INE, 2007). El crecimiento de los últimos años se ha basado fuertemente en plantaciones en laderas a densidades muy altas, llegando hoy en día incluso a 1600 plantas/ha (2,5 x 2,5 m).

Estas nuevas plantaciones en marcos muy estrechos representan un gran desafío productivo, el cual debe ser analizado desde varios puntos de vista y nos obliga a integrar varios manejos para asegurar el éxito productivo del sistema.

Motivos de la Alta Densidad

El desarrollo de sistemas de alta densidad (mayor a 1.000 árboles por hectárea) en Chile tiene varias explicaciones. En primer lugar, sistemas productivos con árboles cuya estructura tiene menos de 2,2 m de altura, facilita y mejora la eficiencia de labores productivas como la poda y la cosecha, un factor muy relevante en plantaciones en laderas de altas pendientes (Hofshi, 2004). Esta mayor eficiencia de las labores permite además el realizar trabajos más precisos y en algunos casos manejos que serían inviables o poco económicos en árboles de gran tamaño (cosechas por calibre, podas de formación y producción, raleo de fruta, etc.). En ese mismo sentido el poder trabajar con árboles más pequeños reduce los riesgos de accidentes y hace que estos huertos sean más atractivos para quienes deben realizar los manejos dentro de este, facilitando la incorporación de mano de obra. Otro factor es que sistemas de este tipo, con un manejo de poda adecuado, permiten una mayor eficiencia productiva y exposición del follaje a la luz, lo que debiese expresarse en mayores producciones y calibres. También, el hecho de partir una plantación con un gran número de árboles permite lograr producciones más precoces y usar el espacio de manera más rápida y eficiente. Esta mayor precocidad representa un factor relevante en el retorno de la inversión en los primeros años, incluso considerando costos iniciales de implantación y manejo mayores. Estos fueron los principales factores que impulsaron el desarrollo de huertos de este tipo en Chile y están directamente relacionados con los factores que determinan la capacidad competitiva de un huerto.

Condiciones que favorecen la Alta densidad en Chile

En general, las condiciones de cultivo en Chile favorecen el manejo de huertos de alta densidad, estas son: en primer lugar, el clima mediterráneo (templado, frío) que implica una detención del crecimiento marcada entre Mayo y Agosto, encontrándose la acumulación térmica en las zonas productivas entre 900 y 1.400 horas sobre 12°C por año, muy por debajo de lo que se observa en condiciones de clima subtropical húmedo. En segundo lugar se encuentra el tipo de suelo que predomina en las zonas productoras y especialmente en cerros, cuyas profundidades fluctúan en general entre los 30 y 90 cm. En el caso de suelos poco profundos o muy heterogéneos es común que se construyan camellones para acumular suelo y así aumentar profundidad efectiva y favorecer el drenaje. Esto implica una restricción del volumen de suelo disponible que ayuda a la restricción del desarrollo de raíces y, por ende, del vigor. El tercer punto, es la concentración de las lluvias que se dan sólo en invierno, en que la actividad de la planta es menor y, por lo tanto, esto facilita adicionalmente la restricción del desarrollo de raíces en base a riego. Esto va normalmente de la mano de sistemas de riego presurizado por goteo o con emisores de mojamiento reducido, como micro aspersores o micro jet.

Si bien existen distintas situaciones de plantaciones en alta densidad, nos referiremos a los sistemas de alta densidad en marcos de plantación en cuadrado (3x3 m o 2,5x2,5 m). Este sistema fue desarrollado en California (Hofshi, 2004) y su principal objetivo, en un principio, fue aumentar la eficiencia y seguridad de los operarios y con ello también bajar costos. Sin embargo, este sistema mostró como consecuencia del mayor número de plantas, ser más precoz y productivo. El concepto implica mantener árboles individuales cuya estructura consiste en un eje no mayor a 2 m de altura y con forma de cono truncado, lo que permite una buena iluminación de todo el árbol, distinto de lo que

ocurre en plantaciones en marcos rectangulares en las que finalmente se forma un seto con sólo dos caras productivas. Es muy importante señalar que este sistema de alta densidad no permite el uso de maquinaria dentro del huerto por lo cual un adecuado diseño de caminos es muy relevante para la operación de este y, por otro lado, se adapta muy bien a plantaciones en ladera donde no se puede circular con maquinaria. Otra ventaja de este sistema de plantación en cuadrado es que al tratarse de árboles individuales no es necesario diseñar los huertos con hileras orientadas norte sur (muy difícil en laderas con distintas pendientes y con camellones orientados en la máxima pendiente).

Un factor muy importante para ayudar al control del vigor y tamaño de los árboles en marcos tan reducidos es que, en general, árboles plantados a menos de 3 m tienden a tener una mayor competencia a nivel de raíces, restringiendo su desarrollo y, por lo tanto, también reduciendo el vigor de los árboles (Stassen *et al*, 1999). Este concepto es conocido en otros cultivos en que la restricción del desarrollo de raíces en macetas o reduciendo el volumen de suelo regado tiene el efecto de reducir el vigor y tamaño de distintos árboles frutales y hacerlos más eficientes productivamente.

Las primeras experiencias de estas altas densidades en el cultivo de palto en California se hicieron con variedades semi enanas tales como Reed y Lamb Hass. El hábito de crecimiento natural de estas variedades hace que se adapten muy fácilmente a sistemas de alta densidad, a diferencia de lo que ocurre con variedades más vigorosas y de crecimiento más extensivo como Hass. El hábito de crecimiento de los árboles nuevos de Hass es formar un eje, el cual tiende a perderse rápidamente a causa de nuevos ejes que nacen en la base del injerto o a lo largo de este. En este sentido es relevante el trabajo de Thorp y Sedgley (1992), quienes estudiaron el tipo de brotación que presentan los paltos en base a brotes prolépticos y silépticos. Si se observan los hábitos de crecimiento de variedades semi enanas y de crecimiento erecto y compacto tales como Reed y Edranol se puede ver que la brotación lateral se da principalmente en base a brotes silépticos más débiles, mientras que en variedades de mayor vigor como Hass se producen más brotes prolépticos, vigorosos que compiten con el eje y forman estructuras laterales de gran tamaño que terminan por hacer que se pierda el eje inicial y que la forma del árbol sea más ancha, produciendo sombra al interior.

Para lograr árboles de Hass formados en base a un eje central y brotes laterales débiles es necesario partir la plantación con árboles de vivero pequeños (con un muy buen sistema de raíces pero con un injerto pequeño). La idea es que el ápice desarrolle un eje hasta los 2,2 a 2,4 m de altura en la primera temporada y que a lo largo de su crecimiento (sin detención en toda la temporada) vaya formando brotes laterales débiles (silépticos), los que darán origen a la estructura productiva del árbol. Hoy se busca plantar plantas de no más de 15 a 20 cm desarrollo del injerto para partir este tipo de plantaciones. Además durante la primera temporada de crecimiento se debe ir haciendo una poda de formación que vaya rebajando los brotes silépticos que puedan hacerle competencia al eje y eliminando los brotes prolépticos que pueden poner en riesgo la dominancia de este último. La correcta elección de las plantas y la poda de la primera temporada son factores fundamentales en el éxito del establecimiento de una plantación de este tipo.

Hoy en día el manejo de poda ha sido reducido a una sola poda en la temporada. La experiencia nos muestra que varias podas en la temporada inducen crecimiento excesivo de las plantas en épocas en las que este no se busca (inducción floral), lo que puede redundar en una falta de flores. Actualmente la poda que se está realizando en este tipo de huertos, es una poda de caras, en las que un año se poda fuertemente una cara y al año siguiente otra. Todos los años se maneja la altura máxima de los árboles. Con ello se busca mantener la iluminación y la actividad de los brotes más débiles (Silépticos) con los que fue formado el árbol. Actualmente se está comparando esta poda con una poda de ventanas en toda la canopia. Sin lugar a dudas que una de las restricciones que impone este sistema es que las podas sean tempranas, de forma que el material que nace como respuesta a la poda, tenga la capacidad de inducir flores para la siguiente floración. La idea es que estas no se realicen más allá de Enero en las zonas más tardías de cultivo.

Los primeros huertos comerciales de alta densidad, plantados a 3 x 3 m en Chile, se plantaron en el año 2004 y actualmente estimamos que existen más de 3.000 hectáreas plantadas en este sistema. Si bien estos huertos se han plantado y manejado para no eliminar árboles, una de las razones del rápido crecimiento de este tipo de huertos, aparte de los resultados iniciales, ha sido que en caso de no ser posible regular y mantener el tamaño de los árboles, permiten el pasar a un sistema de 6 x 3 m

con el cual hay experiencias exitosas ya por muchos años en Chile, por lo que se reduce el riesgo de manera importante.

En la Tabla 1 se pueden ver las producciones de uno de los primeros huertos plantados en Chile:

Tabla 1. Producciones anuales (promedio de 20,7 hectáreas) de un huerto (Desarrollo Agrario en Llaylay, Chile) plantado en Agosto del 2004 a 3x3 m.

AÑO	2006	2007	2008	2009	2010	2011*	Total '07-'10**
Kg/ha	9.288	17.711	4.425	39.526	19.138	25.000*	90.088

* Estimación

** Producción total por hectárea de los primeros 5 años de producción.

Estos datos reflejan, en primer lugar, la precocidad de huertos plantados en sistemas de alta densidad. Si un huerto es plantado temprano en la temporada (como este caso en que se plantó en Agosto), es posible formar la estructura (eje de 2 m y brotes laterales) en la primera temporada, inducir al árbol a floración, con el uso de reguladores de crecimiento en otoño y cosechar la primera producción relevante con árboles de 24 meses de edad.

Otro aspecto interesante que refleja esta primera experiencia es que la entrada en producción es muy rápida debido al alto número de árboles por hectárea.

En estas primeras experiencia la formación de la estructura sólo se hacía el primer año y se enfocaba básicamente a formar un eje, no se prestaba mayor atención al tipo de brotes laterales (prolépticos o silépticos) y sólo se reducía en tamaño brotes laterales con crecimientos vigorosos que competían con el eje. Esta poda en un inicio se realizaba varias veces durante la temporada lo que claramente iba en detrimento de la floración. Al tener producciones más bajas los árboles se emboscaron rápidamente y en el año 2007, luego de la cosecha, fue necesario hacer una poda fuerte que redujo la cosecha del año 2008, de manera considerable. Sin embargo, la recuperación fue muy rápida y un adecuado manejo de poda y reguladores de crecimiento ha permitido mantener altas producciones en los siguientes 3 años. También se puede reconocer que este huerto, independiente de los manejos anteriormente descritos, muestra una marcada alternancia productiva, eso sí en los últimos años, dentro rangos productivos muy altos.

Esta experiencia mostró la necesidad de hacer una poda y selección de brotes más estricta en el primer año; la importancia de mantener una estructura adecuada en el largo plazo, previniendo el exceso de vigor y sombreamiento. En el caso de la alternancia, esta se podría reducir si se interviniese más fuertemente con poda en los años de alta producción, eliminando parte de la fruta, cosa que no todos los productores están dispuestos a hacer y que, desde el punto de vista económico, no es necesariamente atractivo.

En una experiencia posterior, en un huerto plantado en enero (mediados de verano) del año 2006, se trabajó con una poda de formación más estricta, cuidando de seleccionar sólo brotes laterales silépticos, y usando reguladores de crecimiento desde un inicio.

Tabla 2. Producciones anuales (promedio de 28,7 hectáreas) de un huerto (Llaihén en Chagres, Chile) plantado en Enero del 2006 a 3x3 m.

Año	2007	2008	2009	2010	2011*	Total '07-'11**
Kg/ha	453	18.263	20.581	23.911	26.000*	89.208

* Estimado

** Producción total por hectárea de los primeros 5 años de producción.

En este caso se puede apreciar la importancia que tiene el plantar a inicios de la temporada de crecimiento. El hecho de haber retrasado la plantación en 5 meses, de Agosto a Enero, implicó casi no tener producción 20 meses después de plantado (0,4 kg/árbol) a diferencia de una plantación de Agosto (Tabla 1), que produjo 8,4 kg/árbol, 24 meses después de plantados los árboles.

En este caso se puede observar producciones más estables ya que no hubo problemas de sombreamiento que requiriesen de una poda fuerte como en el primer ejemplo, siendo además las producciones máximas menores, pero más estables, lo que lleva a producciones sumadas de los primeros 5 años bastante similares. Esto, en parte, se debe a que el uso de reguladores del crecimiento y la selección de brotes silépticos en el primer año ha hecho que los árboles crezcan más

equilibradamente y no ocupen el espacio asignado de manera tan rápida como ocurrió en el caso anterior. Esto último es importante a considerar ya que en estas experiencias se está observando que la estructura final de los árboles es más angosta lo que está llevando a probar en algunas plantaciones nuevas, marcos de 2,5 x 2,5 m. Esto implicaría aumentar en un 45 % el número de árboles por hectárea (1.600 árboles por hectárea), lo que debiese reflejarse en la precocidad y productividad de los huertos.

Uno de los aspectos relevantes en la producción de paltas en Chile, y particularmente en huertos de alta densidad, es el uso de reguladores del crecimiento. Su uso está autorizado en paltos – en muchos de los países productores – y en Chile desde el 2003 y se utiliza básicamente con dos objetivos, aplicaciones foliares de primavera para mejorar cuaja y calibre de fruta y aplicaciones de verano y otoño para estimular floración y reducir el vigor de los árboles.

Estas aplicaciones han resultado importantes en el caso de huertos de alta densidad, tanto por su efecto directo sobre el vigor y crecimiento de los árboles como por su efecto sobre la producción. Es importante considerar que uno de los factores más importantes para el control del crecimiento vegetativo de los árboles es la carga y, en el caso de huertos altamente alternantes, los años de baja carga pueden implicar un problema importante en el manejo del vigor. Debido a lo anterior es necesario, después de años de altas producciones, asegurar que los árboles florezcan nuevamente y, además, que se asegure la cuaja de estas floraciones generalmente reducidas.

En la actualidad se está ensayando con aplicaciones de reguladores de crecimiento al suelo en verano para mejorar el efecto sobre la reducción del crecimiento vegetativo y el aumento de la floración.

En los últimos años, hemos montado varios ensayos de reguladores de crecimiento aplicados al suelo, de modo de determinar su efecto bajo distintos tipos de árboles (árboles grandes de plantaciones menos densas y árboles pequeños de altas densidades) tipos de suelo, condiciones de salinidad de agua y sistemas de riego. Estos ensayos han sido llevados en un diseño completamente al azar, con 15 árboles por tratamiento. En todos los ensayos se dejaron árboles e hileras de cortina de forma de no tener contaminación de un tratamiento sobre otro. A continuación se presentan los datos de dos de los ensayos, realizados en un huertos de paltos variedad Hass, plantados sobre suelo franco arenoso, en el año 2004 a 3,5 x 3,5 m, injertado sobre portainjerto Mexícola de semilla. El sistema de riego usado es micro aspersor de 1,0 m y 3,5 m de diámetro de mojamiento.

Las aplicaciones se realizaron en verano del año 2008 y verano del año 2009 (con brotes entre 25 – 50 cm), con el objetivo de evaluar el efecto del Uniconazol-5P aplicado al suelo, sobre la floración de la siguiente primavera y la producción de la temporada siguiente. El momento en el cual se realizó la aplicación los árboles se encontraban con fruta cuajada y los brotes sobre las frutas con su flash de primavera terminado.

Los tratamientos aplicados en cada uno de los ensayos son los siguientes:

Tratamiento	Producto	Dosis (l/ha)
0	Uniconazol-p 5%	0
1	Uniconazol-p 5%	1
2	Uniconazol-p 5%	2
3	Uniconazol-p 5%	4

Los parámetros evaluados fueron:

- Numero de frutos.
- Producción total.
- Porcentaje de la copa florecida.
- Índice de Alternancia = $ABI = \frac{Kilos\ Año\ On - Kilos\ Año\ Off}{Kilos\ Año\ On + Kilos\ Año\ Off}$

Los datos recolectados fueron sometidos a Análisis de Varianza con un nivel de significancia del 10%. En el caso de existir efecto de los tratamientos sobre las variables paramétricas, los promedios de cada tratamiento fueron comparados mediante la prueba de Rangos Múltiples de Tukey, con un nivel

de significancia del 10%. Los datos de % de copa florecida fueron analizados con la fórmula de $\arccoseno\sqrt{x}$.

Ensayo 1: Emisor de 1 m de diámetro de mojamiento, alta carga el primer año de tratamiento.

En los Cuadros 1, 2 y 3 se muestran los resultados de producción (número de frutos y kilos de fruta por árbol) de los árboles seleccionados dentro del sector.

Cuadro 1. Número de frutos promedio de cada tratamiento en paltos var. Hass seleccionados con alta carga en el 2008. Panquehue, San Francisco 2008 y 2009

Tratamiento	Nº de frutos/árbol 2008	Nº de frutos/árbol 2009
T0	129,1 ± 59,5 b	148,6 ± 190,6 a
T1	235,8 ± 26,3 a	119,4 ± 91,2 a
T2	135,7 ± 42,0 b	202,7 ± 152,8 a
T3	141,0 ± 58,2 b	249,2 ± 124,3 a

Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas según Test de Tukey ($p < 0,1$).

Cuadro 2. Kilos y porcentaje de copa florecida promedio por árbol, en cada tratamiento, en paltos var. Hass. Panquehue, San Francisco 2008 y 2009.

Tratamiento	Kilos Árboles ON 2008	Porcentaje de la copa florecida.2008	Kilos 2009	Porcentaje de la copa florecida 2009
T0	22,08 ± 7,21 b	11,0 ± 15,0 b	26,2 ± 30,8 a	50,0 ± 44,0 a
T1	42,01 ± 3,16 a	7,0 ± 12,0 b	21,0 ± 14,6 a	57,0 ± 44,0 a
T2	27,39 ± 9,40 ab	13,0 ± 14,0 b	35,4 ± 24,3 a	43,0 ± 36,0 a
T3	27,56 ± 11,10 ab	35,0 ± 25,0 a	42,4 ± 20,3 a	19,0 ± 35,0 a

Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas según Test de Tukey ($p < 0,1$). Para análisis estadístico se realizó transformación de los porcentajes de floración a distribución normal mediante la fórmula del $\arccoseno\sqrt{x}$.

Sólo se detectan diferencias estadísticas en las producciones del año 2008, en que el tratamiento T1 muestra los valores más altos tanto en número de frutos como kilos de fruta cosechada. Hay que considerar que los tratamientos fueron aplicados en Enero del 2008, momento en que los procesos de floración y cuaja ya habían terminado para esa temporada, por lo que no se habría esperado tener un efecto de estos tratamientos sobre la cosecha del 2008. En el año 2009 no se detectan diferencias significativas entre los tratamiento a pesar de la gran diferencia que hay en los valores de distintos tratamientos. Esto está asociado a la gran dispersión que hay en los datos, lo que se refleja en los valores de desviación estándar.

A nivel de floración, sólo se detecta una diferencia estadística significativa en el porcentaje de copa florecida del T3 en el año 2008, siendo el resto estadísticamente iguales. Esto concuerda con antecedentes previos de que aplicaciones de Uniconazol-P aumentan la floración. En este caso sólo la dosis más alta logró mostrar un efecto significativo en la floración del 2008, sin embargo, esta mayor floración no se refleja a nivel de significancia estadística en la producción del año siguiente, a pesar de la gran diferencia de magnitud en los valores obtenidos y que, como se dijo antes, están asociados a niveles de desviación estándar muy altos.

Uno de los objetivos buscados con el uso de reguladores de crecimiento es el reducir la alternancia productiva en paltos Hass. Esta se expresa en el Índice de Alternancia Productiva (ABI) cuyos valores van de 1 (altamente añero) a 0 (sin añerismo) y se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 3. Índice de Alternancia Productiva (ABI) de la cosecha de árboles de paltos var. Hass entre los años 2008 y 2009 regados con un área de mojamiento restringida (con pestaña), San Francisco.

Tratamiento	ABI '08 - '09
T0	0,62 ± 0,3 a
T1	0,50 ± 0,2 a
T2	0,39 ± 0,2 a
T3	0,38 ± 0,1 a

Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas según Test de Tukey ($p < 0,1$).

Valores inferiores a 0,5 se consideran aceptables y, en general, todos los valores mostrados por estos árboles y tratamientos están en ese rango, salvo el testigo cuya media es de 0,62.

Ensayo 2: Emisor de 3,5 m de diámetro de mojamiento, baja carga el primer año de tratamiento.

Para el Ensayo 2, hay datos hasta la cosecha de la temporada 2010. En este caso se trata de árboles que venían con una baja carga el año 2008, que correspondió al primer año de tratamiento.

Cuadro 4. Número de frutos promedio de cada tratamiento en paltos var. Hass. Panquehue, San Francisco 2008, 2009 y 2010.

Tratamiento	Nº de frutos '08	Nº de frutos '09	Nº de frutos '10	Σ frutos '09 y '10
T0	13,2 ± 21,7 a	82,2 ± 56,7 b	26,2 ± 54,6 a	110,5 ± 67,2 a
T1	7,8 ± 13,3 a	187,6 ± 87,9 a	7,4 ± 8,9 a	220,2 ± 60,0 a
T2	7,0 ± 9,6 a	128,8 ± 74,3 ab	36,1 ± 49,5 a	172,5 ± 95,2 a
T3	13,5 ± 25,6 a	183,8 ± 81,9 ab	39,3 ± 67,2 a	228,6 ± 41,3 a

Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas según Test de Tukey ($p < 0,1$).

Cuadro 5. Kilos y porcentaje de copa florecida promedio por árbol, en cada tratamiento, en paltos var. Hass. Panquehue, San Francisco 2008, 2009 y 2010.

Tratamiento	Kilos '08	% copa florecida '08	Kilos '09	% copa florecida '09	Kilos '10	Σ kilos '09 y '10
T0	2,7±4,4 a	68,0±29,0 ab	18,6±12,5 b	7,6±8,2 a	4,8±9,8 a	22,24 ± 11,54 b
T1	1,8±3,1 a	54,0±18,0 b	38,0±16,1 a	6,2±10,3 a	1,3±1,5 a	44,48 ± 9,95 a
T2	1,8±3,0 a	67,0±19,0 ab	31,3±16,3 ab	15,2±18,2 a	7,7±9,5 a	44,08 ± 13,36 a
T3	2,3±3,7 a	81,0±22,0 a	37,2±15,5 a	13,5±20,1 a	7,9±12,8 a	46,00 ± 9,71 a

Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas según Test de Tukey ($p < 0,1$).

Los datos muestran que el año 2008 se parte con una baja producción lo que lleva a niveles de floración bastante altos, siendo el tratamiento 3 el que presenta las floraciones más altas y el y tratamiento 1 el que presenta la menor floración. Intermedios son los tratamientos 2 y 0. No obstante lo anterior, las producciones para la temporada 2009, muestran diferencias significativas, siendo nuevamente el T3 el que presenta valores más altos, junto con T1. El tratamiento 2 presenta valores intermedios y la cosecha más baja es la del tratamiento T0. Para la temporada 2010, los valores de floración y cosecha son similares en todos los tratamientos, pese a existir valores ampliamente superiores para los tratamientos T2 y T3. Nuevamente las altas desviaciones hacen que no existan diferencias entre los tratamientos. Al hacer la sumatoria de las dos cosechas obtenidas luego del inicio del ensayo, todos los tratamientos son estadísticamente mejores que el testigo, llegando a duplicar la cosecha acumulada de este en 2 años.

En el cuadro 6 se muestran los valores de ABI para la temporada 2008-2009 y 2009-2010. No se observan diferencias entre los tratamientos. Por tratarse de árboles que partían con niveles productivos muy bajos, los índices de alternancia son extremadamente altos.

Cuadro 6. Índice de Alternancia Productiva (ABI) para cada tratamiento, en paltos var. Hass 2008-2009 y 2009-2010, en paltos var. Hass. Panquehue, San Francisco.

Tratamiento	ABI 2008 - 2009	ABI 2009 - 2010
T0	0,85 ± 0,2 a	0,73 ± 0,32 a
T1	0,85 ± 0,1 a	0,96 ± 0,57 a
T2	0,96 ± 0,0 a	0,61 ± 0,42 a
T3	0,78 ± 0,3 a	0,83 ± 0,22 a

Dentro de las experiencias en el uso de sistemas productivos de alta densidad y reguladores de crecimiento se han observado algunos efectos interesantes no esperados y que actualmente están siendo evaluados más profundamente. Uno de los aspectos más interesantes de estos sistemas es que se ha observado una reducción en el consumo de agua que estimamos podría alcanzar entre un 10 y un 20% comparado con huertos tradicionales de árboles más grandes. Este efecto podría deberse al tipo y forma de los árboles, la distribución y densidad del follaje, la eficiencia en el uso de agua debido a sistemas de riego más localizado y raíces más densas y superficiales, a la gran cantidad de hojarasca que se acumula en la superficie debido a la poda y/o a una capacidad de regulación de la transpiración más eficiente. Existe evidencia que plantas tratadas con triazoles presentan mayor grosor de hojas, mejor control de la transpiración de los estomas, mayor densidad y menor tamaño de estos últimos y por ende mayor eficiencia de uso de agua (Fletcher *et al*, 2000).

Adicionalmente se está investigando el efecto de los tratamientos de reguladores de crecimiento sobre la toxicidad causada por cloruros en las hojas, ya que estudios preliminares indican un menor nivel de estos elementos en la hoja, esto puede apreciarse claramente en sectores tratados por un menor nivel de quemadura de hojas. Este efecto puede estar relacionado también a los factores que afectan el uso del agua y efectos similares también han sido descritos en otros cultivos y plantas en la literatura (Fletcher *et al*, 2000). Según estos autores, los triazoles mejoran la estabilidad de las membranas, además provocan el aumento de sustancias antioxidantes que reducen la sensibilidad de las plantas al stress, además provocan aumentos en los niveles de citoquininas, reducción en los niveles de etileno y aumentos transitorios de ABA. Este es un efecto que podría ser de gran relevancia ya que en zonas salinas se presentan fuertes limitaciones productivas debido a la pérdida de follaje fotosintéticamente activo a causa de la quemadura por sales. Esto abre una ventana que nos puede permitir tener producciones más estables y de mejores calibres, condiciones que normalmente no se presentan en zonas regadas con aguas salinas.

En un ensayo realizado en la localidad de María Pinto donde las aguas presentan conductividades eléctricas de 0,84 mmhos/cm y 83 ppm de cloruro, se comparó, en paltos Hass injertados sobre portainjerto Méxicola de semilla, el efecto de 2 litros de Uniconazol 5p con un testigo sin aplicación.

Cuadro 7. Efecto de la aplicación de 2 litros de Uniconazol-p al 5% sobre el contenido de cloruros en hojas provenientes de ramillas de primavera sin fruta, muestreadas en otoño. María Pinto, 2011.

Tratamiento	Cloruro (Cl %)	Sodio (Na %)
Testigo	1,07 ± 0,12 s	0,22 ± 0,01 s
UNZ 5p 2 l/ha	0,68 ± 0,11 s	0,10 ± 0,00 s

Test de Comparación de Medias T-Student: s, diferencia significativa; ns, diferencia no significativa (P<0,05).

Los resultados muestran una clara reducción en el contenido de cloruros y sodio de las hojas, resultados que se condicen con lo señalado por Fletecher *et al* (2000).

Otro de los efectos que hemos podido apreciar en los ensayos de reguladores de crecimiento, es el cambio en el hábito de crecimiento del Hass, el cual pasa a parecerse más a Reed, Edranol o Lamb Hass. Las ramas pierden su típica disposición vertical y se vuelven pendulantes y lloronas, lo cual es altamente deseable en un esquema de alta densidad. Sin embargo esta nueva disposición de los brotes sumada a una mayor cantidad de hojas por unidad de superficie, hace que la estrategia de poda deba ser repensada ya que el follaje completo del árbol se vuelve muy denso. Este cambio en la

disposición de las ramas, ha hecho que las plantas crezcan menos hacia la entre y sobrehilera, lo que nos ha llevado a plantear nuevas plantaciones a 2,5 x 2,5 m.

Conclusiones

En Chile los sistemas de producción de alta densidad con marcos de plantación en cuadrado han sido muy efectivos en cuanto a precocidad, productividad, calibres de fruta y facilidad y seguridad de labores, lo que ha hecho que en la actualidad, 6 años después de realizada la primera plantación, haya más de 3.000 hectáreas plantadas y que una parte relevante de los nuevos desarrollos se hagan con este sistema.

Un factor muy importante para el éxito de huertos de este tipo es el tener formas de restringir el desarrollo de raíces, lo que se logra por la competencia entre árboles plantados a menos de 3 m, suelos de volumen restringido pero bien drenados y sistemas de riego con mojamiento reducidos.

La selección de plantas de Vivero, la poda de formación y selección de brotes durante el primer año y posteriormente podas de mantención de la estructura y corrección de problemas son muy importantes, especialmente en variedades vigorosas como Hass.

El uso de reguladores de crecimiento es una herramienta efectiva tanto para estimular floración, reducir el vigor de los árboles y favorecer cuaja aumentando la productividad y reduciendo así en muchos casos el añerismo.

La alternancia productiva característica en paltos es un problema en estos sistemas ya que en años de baja carga es muy difícil controlar el vigor de los árboles sin fruta.

Después de 6 años de experiencia aún se están desarrollando nuevos manejos para este tipo de huerto e incluso se están empezando experiencias con marcos de plantación menores a 3 x 3 m.

Literatura

Adato, I. 1990. Effects of Paclobutrazol on Avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Fuerte. *Scientia Horticulturae*, 45: 105-115.

Blaikie, S.J., V.J. Kulkarni and W.J. Muller. 2004. Effects of morphactin and paclobutrazol flowering treatments on shoot and root phenology in Mango cv. Kensington Pride. *Scientia Horticulturae* 51-68.

Cavins, T., L. Greer, J. Gibson, B. Whipker y J. Dole. 2003. Quartely Reports on Plant Growth Regulation and Activities of the PGRSA. The Plant Growth Regulation Society of America. Vol 31, N° 1.

Davie, S.J., M. Van der Walt and P. J.C. Stassen. 1995. A study of Avocado Tree Carbohydrate Cycles to determine ways of modifying alternate bearing. *Proceeding of the World Avocado Congress III*, 80-83.

Davie, S.J., M. Van der Walt and P.J.C. Stassen. 1996. The influence of Tree and fruit Manipulation on Avocado Tree Physiology Preliminary Results. *South African Avocado Grower's Association Yearbook* 19: 70-72.

Davis, T. 1991. Regulation of Tree Growth and development with Triazole Compounds. *Journal of Arboriculture* 17 (6).

Hofshi, R. 2004. Más allá de la producción: Reingeniería en el palto. *In Segundo Seminario Internacional de paltos*. Soc. Gardiazabal y Magdahl Ltda. Quillota, 29 y 30 de septiembre y 1 de octubre de 2004. pp. 1-3

Fletcher, A., A. Gilley, N. Sankhla y D. Davis. 2000. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. *Horticultural Reviews*.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS DE CHILE (INE), 2007. CENSO AGROPECUARIO 2007. http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/censos_agropecuarios/xls_comunas/10.xls

Kishor, Arun and Srivastav, Manish and Dubey, A K and Singh, A K and Sairam, R K and Pandey, R N and Dahuja, Anil and Sharma, R R. 2009 Paclobutrazol minimizes the effects of salt stress in mango (*Mangifera indica* L.). Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 84 (4). Pp. 459-465. Disponible en http://www.jhortscib.org/Vol84/84_4/15.htm

Kohne, J.S. and S. Kremer-Kohne. 1987. Vegetative growth and fruit retention in avocado as affected by a new plant growth regulator (Paclobutrazol). South African Avocado Grower's Association Yearbook 10:64-66.

Penter, Mg., B. Snijder, P.J.C. Stassen and E. Schafer. 2000. The effect of growth inhibitors on fruit production in Hass Avocado trees. South African Avocado Grower's Association Yearbook 23:46-51.

Saito, S., M. Okamoto, S. Shinoda, T. Kushiro, T. Koshihara, Y. Kamiya, N. Hirai, Y. Todoroki, K. Sakata, E. Nambara y M. Mizutani. 2006. A plant growth retardant, Uniconazole, is a potent inhibitor of ABA catabolism in Arabidopsis. Biosci.

Stassen, P.C.J., Snijder, B., Donkin, D.J. 1999. Results with spacing, tree training and orchard maintenance in young avocado orchards. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 159-164.

University of Pretoria etd – Yeshitela, TB. 2004. Paclobutrazol Suppressed Vegetative Growth and Improved yield as well as fruit quality of "Tommy atkins" mango (*Mangifera indica* L.) in Ethiopia. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, Vol. 32(3).

U.S. Department of Energy Bonneville Power Administration (Sin autor). 2000. Paclobutrazol Herbicide Fact Sheet.

Yamashita, K., K. Kitazono and S. Iwasaki. 1997. Flower Bud Differentiation of Satsuma Mandarin as Promoted by Soil-drenching Treatment with IAA, BA or Paclobutrazol Solution. J. Japan. Soc. Horticultural Science 66(1): 67-76.

Wolstenholme, B., A. Whiley, J. Saranah, P. Symons, P. Hofman and H. Rostron. 1988. Paclobutrazol trials in Avocado orchards: Initial Results from Queensland and Natal. South African Avocado Grower's Association Yearbook 11:57-59.