

Almendras

# Soluciones para aumentar su productividad

Carlos Sotomayor, Jorge Castro, Román Toro y Álvaro Jara<sup>1</sup>

La Fundación Agro-UC de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la UC ha desarrollado desde el 2009 un proyecto destinado a estudiar soluciones tecnológicas que permitan aumentar la productividad en los huertos chilenos de almendras. Algunas de las estrategias que han sido exitosas se presentan en estas páginas.

<sup>1</sup> Departamento de Fruticultura y Enología.



La superficie total plantada con almendros en Chile alcanza actualmente las ocho mil quinientas hectáreas, siendo la Región Metropolitana y la Región de O'Higgins las con mayor superficie plantada, con 43,5% y 36,5% del total, respectivamente. En términos productivos nuestro país alcanzó en el 2011 un volumen de 12 mil toneladas de almendras en pepa, equivalentes al 1% de la producción total mundial, estimada en un millón 109 mil 414 toneladas.

Respecto de las exportaciones de almendras chilenas, en el 2011 se enviaron 8.799,9 toneladas de almendra en pepa, por un valor FOB de 54,3 millones de dólares y 503,1 toneladas de almendras con cáscara, por un valor FOB de 2,0 millones de dólares. En la Figura 1 se observa el crecimiento que han tenido las exportaciones desde el año 2000 al 2011, cuyo volumen de exportación aumentó en 500%, de dos mil a nueve mil toneladas.

Los destinos de las almendras chilenas sin cáscara se concentran en Sudamérica (con un 75% del volumen exportado), Europa, Medio Oriente e India. El mayor productor mundial de almendras es Estados Unidos y específicamente California, con aproximadamente 364 mil hectáreas en producción y con un rendimiento promedio de 2.800 kg/ha de semilla. El rendimiento promedio de los huertos chilenos, considerando la superficie total en formación y en producción, es de sólo 1.400 kg/ha.

### Biología floral del almendro

El almendro (*Prunus dulcis*) desarrolla flores que son hermafroditas y funcionales, pero que presentan una pronunciada autoincompatibilidad de tipo gametofítico, con factores inhibidores bajo la forma de genes alelomorfos presentes en el polen. La autoincompatibilidad es controlada específicamente por un locus multi-alélico simple denominado S. Cuando aquello ocurre, el tubo polínico no logra avanzar a tra-

vés del estilo de la flor, no llega a fecundar el óvulo y, por lo tanto, no se produce la semilla, que es, en definitiva, la almendra.

La autoincompatibilidad en almendro es varietal, es decir, existen variedades con distinta composición de genes alelos. Prácticamente todas las variedades californianas (hasta ahora) son autoincompatibles, es decir, su propio polen no es funcional y requieren de otra variedad compatible que las polinice. Es por ello que los huertos de almendro combinan variedades que además florezcan simultáneamente para lograr polinización cruzada (Cuadro 1). Además, es fundamental que se disponga de abejas en los huertos para que realicen la polinización.

Por otra parte hay que mencionar la existencia de algunas variedades de origen europeo que son autocompatibles o autofértiles, como Tuono, Genco, Guara y otras que se han introducido recientemente a Chile, aunque aún su cultivo es incipiente.

La floración del almendro ocurre muy temprano en la temporada, generalmente, desde fines de julio a mediados de agosto en Chile Central. Por lo tanto, las condiciones climáticas de esos meses juegan en contra de la adecuada polinización. La lluvia y el frío propios de la época pueden afectar el trabajo de las abejas y retrasar la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico, por lo que el número de flores que llegan a producir frutos finales o almendras se ve afectado. Estas condiciones explican en parte los bajos rendimientos promedio de los huertos chilenos de almendro.

La cuaja frutal corresponde a la proporción o porcentaje de flores que llegan a fruto (o almendras) a la cosecha. Se considera baja una cuaja de menos de 15%; adecuada, de 20% a 30%; muy buena, de 30% a 40%; y excelente, sobre 40%. En Chile es común lograr en años de buen clima invernal un 20% a 30% o incluso más y en años problemáticos menos de 20%. Sin embargo,



**Los destinos de las almendras chilenas sin cáscara se concentran en Sudamérica (con un 75% del volumen exportado), Europa, Medio Oriente e India. El mayor productor mundial de almendras es Estados Unidos.**

también hay que considerar que la mejor tecnología de producción no llega aún a muchos productores nacionales. En cambio, otros que sí la utilizan logran alta cuaja y por ende, a rendimientos parecidos a California.

## Investigación en almendros

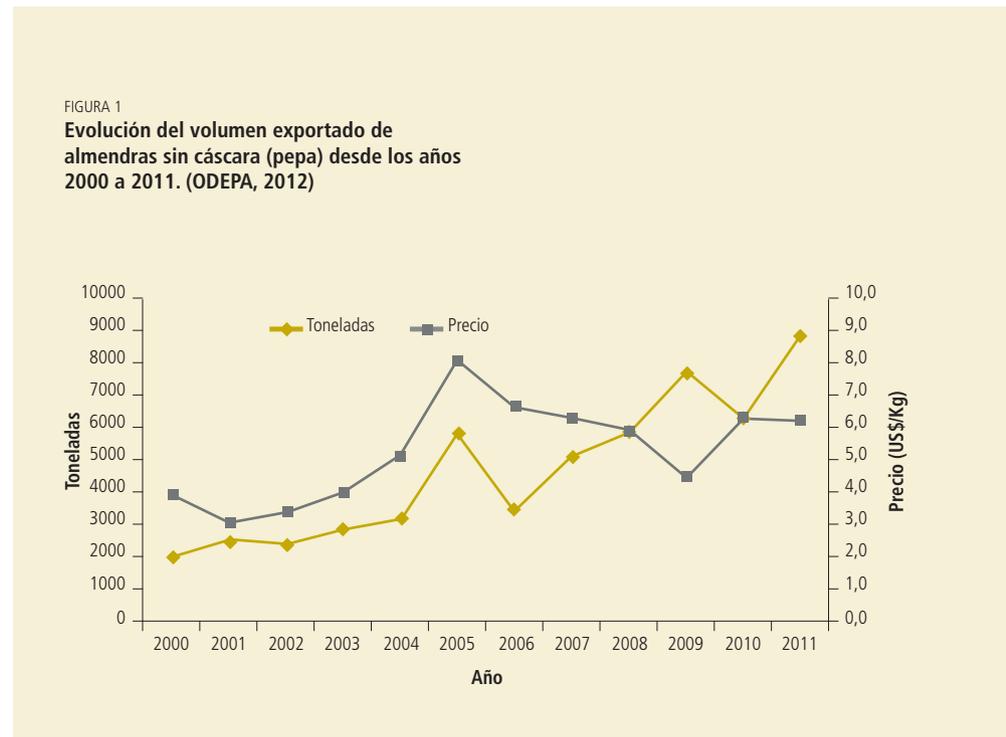
La Fundación Agro-UC de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la UC ha desarrollado desde el 2009 el proyecto “Estrategias para aumentar la fructificación y productividad del almendro en Chile”, con financiamiento de Innova Corfo y del Gobierno Regional de O’Higgins, trabajando con ensayos en huertos de almendro ubicados en dicha región.

Este proyecto ha estado destinado a estudiar soluciones tecnológicas que permitan aumentar la productividad de los huertos chilenos de esta especie, mediante una serie de estrategias que se definen a continuación:

### 1. Evaluación del requerimiento de frío y tecnologías relacionadas

Durante el invierno las yemas del almendro deben someterse a un período de frío para romper el receso y poder brotar y florecer temprano en primavera. La duración de dicho período varía según el cultivar de almendro (400-800 horas bajo 7°C). Una vez cumplido el período de frío, el árbol debe recibir cierta cantidad de calor para poder florecer y brotar. Cuando el requerimiento de frío no se ha cumplido satisfactoriamente, la floración es irregular, larga y de mala calidad. Cuando el período de frío ha sido suficiente y seguido por temperaturas cálidas, la floración es uniforme, corta y de buena calidad. Según las condiciones ambientales, la floración de un huerto puede durar desde 10 hasta 30 días (o incluso más).

En el proyecto se trabajó con productos que lograron adelantar la floración, como la cianamida hidrogenada (a concentraciones entre 1% y 3%) y el nitrato de potasio (al 5%), y con otros que re-



trasan la floración en comparación a los testigos, como ethephon (50, 100 y 200 ppm) y ácido giberélico (50 y 150 ppm).

Luego de dos temporadas de experimentación se logró determinar preliminarmente el efecto favorable de estos tratamientos en el cambio de la fenología de brotación y floración del almendro. Así, la cianamida logró adelantar floración en un promedio de 20 días, al igual que el nitrato de potasio, aunque éste lo hizo sólo en 7 días. Ethephon atrasó la floración en un promedio de 25 días y el ácido giberélico fue muy similar, pero también adelantó la brotación vegetativa.

Estos resultados bien aplicados bajo las condiciones productivas particulares de cada productor, ayudarán a modificar la fenología de brotación y floración (adelantándola o retrasándola, según necesidad productiva) con lo que podrán cambiar la sincronía floral varietal y mejorar la polinización y cuaja.

### 2. Utilización de reguladores del crecimiento para favorecer la cuaja frutal

Los procesos de polinización y fecundación en la flor del almendro son determinantes para su cuaja frutal y productividad. Por ello, todos los factores que las favorezcan son beneficiosos. Ahora bien, como estos procesos tienen relación en forma importante con fitohormonas o reguladores del crecimiento, se ha planteado que las aplicaciones exógenas de algunas de ellas podrían favorecer la cuaja frutal o sostenerla, especialmente en casos de inclemencias climáticas y/o desfase de polinizantes.

Se experimentó con los reguladores NAA-800 (ácido naftalenacético), X-Cyte (kinetina), Ácido Giberélico (AG3), Splendor (Tidiazuron), Promalina (benciladenina + giberelinas), Point Tomatomone (auxinas + giberelinas) y Brassinolide (brasinosteroido). Estos productos se aplicaron vía aspersión sobre flores de almendros de diferentes

CUADRO 1

Polinizantes adecuados para variedades importantes de almendro en Chile, según compatibilidad y coincidencia floral.

Variedad a polinizar	Variedad polinizante óptima (ningún alelo similar)	Variedad polinizante adecuada (un alelo similar)	Variedad incompatible (ambos alelos similares)
Non Pareil	Fritz	Carmel, Butte, Merced, Solano, Price	Non Pareil, IXL
Carmel	Price Merced	Fritz, Solano, Sonora, Butte, etc.	Carmel, Livingstone
Fritz	Non Pareil, Solano, Carmel	Butte, Merced, Price	Fritz, Ruby, Peerless

**El proyecto “Estrategias para aumentar la fructificación y productividad del almendro en Chile” ha estado destinado a estudiar soluciones tecnológicas que permitan aumentar la productividad de los huertos chilenos de esta especie.**

variedades y, posteriormente, se comparó la cuaja frutal con flores testigo sin aplicación.

Los resultados de las mediciones mostraron que tres reguladores mejoraron significativamente la cuaja frutal del cv. Carmel respecto del testigo (con 38% de cuaja). Ellos fueron Brassinolide (46%), Point Tomatomone (44%) y Promalina (43%). Por otro lado, Splendor y ácido giberélico fueron iguales al testigo (36% y 37%, respectivamente) y, por último, X Cyte y NAA-800 fueron significativamente inferiores al testigo (30% y 29%, respectivamente). Estos resultados muestran la potencialidad del uso de algunos de estos reguladores para productores que pueden beneficiarse cuando las condiciones para la polinización se presentan adversas.

### 3. Aplicaciones de boro y zinc para favorecer la cuaja frutal

Los microelementos boro y zinc son indispensables para el metabolismo

de las plantas y se ha determinado que cumplen funciones importantes en los procesos de floración, fecundación y cuaja frutal, especialmente en casos de autoincompatibilidad. Por ello, se estudió el efecto de aplicaciones de ambos elementos durante post-cosecha y floración para determinar su eventual acción en la cuaja de almendras en la misma temporada.

Es importante señalar que se realizaron aplicaciones localizadas en yemas o flores de árboles cuyos contenidos foliares presentaron niveles normales de boro y zinc. De esa manera se logra un estímulo nutricional de corta duración sólo para favorecer la cuaja. Se trabajó con ácido bórico (100 y 200 g/L), óxido y cloruro de zinc (150 y 300 g/L) y una combinación de boro y zinc. Las aplicaciones se realizaron en post-cosecha (marzo) y en floración (agosto).

Con las aplicaciones de post-cosecha, en la variedad Carmel, se obtuvieron algunos resultados alentadores. Se au-

mentó significativamente la cuaja frutal respecto del testigo, con aplicaciones de óxido de zinc (150 g/L) y con ácido bórico (100 y 200 g/L). Con las aplicaciones en plena flor, se lograron buenos resultados con Cloruro de Zinc (25 g/100 L), ácido bórico (25 y 50 g/100 L) y con la combinación Cloruro de Zinc (25 g/100 L) + ácido bórico (25 g/100 L).

### 4. Determinación del posible efecto adverso de fungicidas aplicados en la floración

Una alta cuaja frutal es determinante en los almendros para la obtención de óptimos rendimientos. Sin embargo, existen factores adversos como heladas, lluvias, viento, entre otros, que afectan la polinización. Además, se ha determinado que la enfermedad *tizón de la flor* afecta la cuaja y provoca aborto de frutitos.

El *tizón de la flor* del almendro y de otras especies de *Prunus* en Chile se asocia con la acción de *Monilia laxa* y/o de *Botrytis cinerea*. Los síntomas



**25%**  
Europa,  
Medio Oriente  
e India



**75%**  
Sudamérica

se caracterizan por un rápido atizamiento de flores, las que adquieren una coloración parda, mueren y permanecen adheridas a las ramillas. Este aborto floral es el causante directo de la caída de los frutos y de bajas de productividad. Además las ramillas pueden desarrollar canchros que eventualmente provocan su muerte.

La infección de las flores ocurre entre botón rosado y caída de pétalos, siendo el estado más susceptible la flor abierta y es más común durante períodos húmedos, cuando llueve o hay presencia frecuente de niebla durante la floración, con temperaturas sobre los 10° C e idealmente 25° C.

Los cultivares más susceptibles son Drake, Jordanolo, Butte, Carmel, Thompson, Ne plus Ultra y Ruby, moderadamente susceptibles son Merced, Padre y Sonora. En Nonpareil, Peerless y Solano es menor la incidencia del ataque de los mencionados hongos.

El control debe realizarse de forma preventiva con fungicidas específicos y aplicaciones antes y durante la floración. Estas se realizan entre los estados florales de botón rosado hasta flores

abiertas. Los fungicidas empleados deben tener doble acción, tanto contra *M. laxa* como *B. cinerea*. No obstante, las aplicaciones de fungicidas en floración, según algunos estudios realizados en el extranjero, pueden afectar la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico, causando también daños en el estigma de la flor. Esto naturalmente afecta la cuaja y la producción frutal del almendro, causando paradójicamente el efecto contrario al deseado.

En nuestro proyecto se evaluó el efecto de nueve fungicidas utilizados comúnmente en el control de tizón sobre la cuaja del almendro. Los fungicidas fueron asperjados sobre flores, utilizando las concentraciones comúnmente usadas en los huertos y comparándolas con un testigo asperjado sólo con agua. Además y paralelamente, se realizaron en laboratorio diversos ensayos in vitro para evaluar posibles efectos sobre el polen. Los fungicidas (ingredientes activos) fueron Mancozeb, Clorotalonil, Captan, Propiconazol, Iprodione, Metiltiofanato, Cyprodinil, Benomilo y Carbendazima.

Captan, Carbendazima, Benomilo y Cyprodinil no se diferenciaron en el porcentaje de cuaja con el testigo, con cifras del orden de 30%. En cambio, los fungicidas Iprodione, Mancozeb, Propiconazol, Metiltiofanato y Clorotalonil, permitieron cuajas superiores a 40%, favoreciendo la fructificación de los almendros tratados. Esto se puede interpretar por un menor efecto adverso sobre flores y polen y un mejor control del tizón.

En lo que se refiere a los ensayos in vitro, en que se sembró polen de almendro en placas Petri con medio de germinación más los diferentes fungicidas, los resultados indicaron que Captan, Cyprodinil, Clorotalonil Mancozeb, Iprodione, Benomilo y Propiconazol inhibieron en mayor o menor medida la germinación del polen y el crecimiento en longitud del tubo polínico. Por lo tanto, se evidenció en términos reales su efecto negativo en la polinización y la cuaja. Por otro lado, Carbendazima y Metiltiofanato no presentaron diferencias significativas respecto del tratamiento control en la germinación del polen y en el crecimiento del tubo polínico, por lo que ambos serían los menos perjudiciales



de usar en la floración del almendro.

Dentro del desarrollo del proyecto se realizaron también otras determinaciones para apoyar el conocimiento del manejo productivo del almendro, como mediciones de luz fotosintéticamente activa, área foliar, niveles de clorofila a través de SPAD, descripción y análisis de suelos y nutrientes, características de las almendras según cada tratamiento desarrollado, entre otros. Esta información está en proceso para su próxima interpretación.

## Conclusiones

Antes de aplicar los resultados obtenidos en dos temporadas de ensayos, hay que considerar siempre las condiciones y características de cada huerto y evaluar, desde las condiciones climáticas, hasta las combinaciones varietales y todos los factores relacionados con polinización y cuaja. Por ello, la decisión de aplicar estas nuevas tecnologías debe ser decidida preferentemente por un ingeniero agrónomo, que dispondrá del conocimiento y la experiencia para obtener los mejores resultados. 

**Las estrategias de proyecto consistieron en: Evaluación del requerimiento de frío y tecnologías relacionadas; Utilización de reguladores del crecimiento para favorecer la cuaja frutal; Aplicaciones de boro y zinc para favorecer la cuaja frutal; y Determinación del posible efecto adverso de fungicidas aplicados en la floración.**

