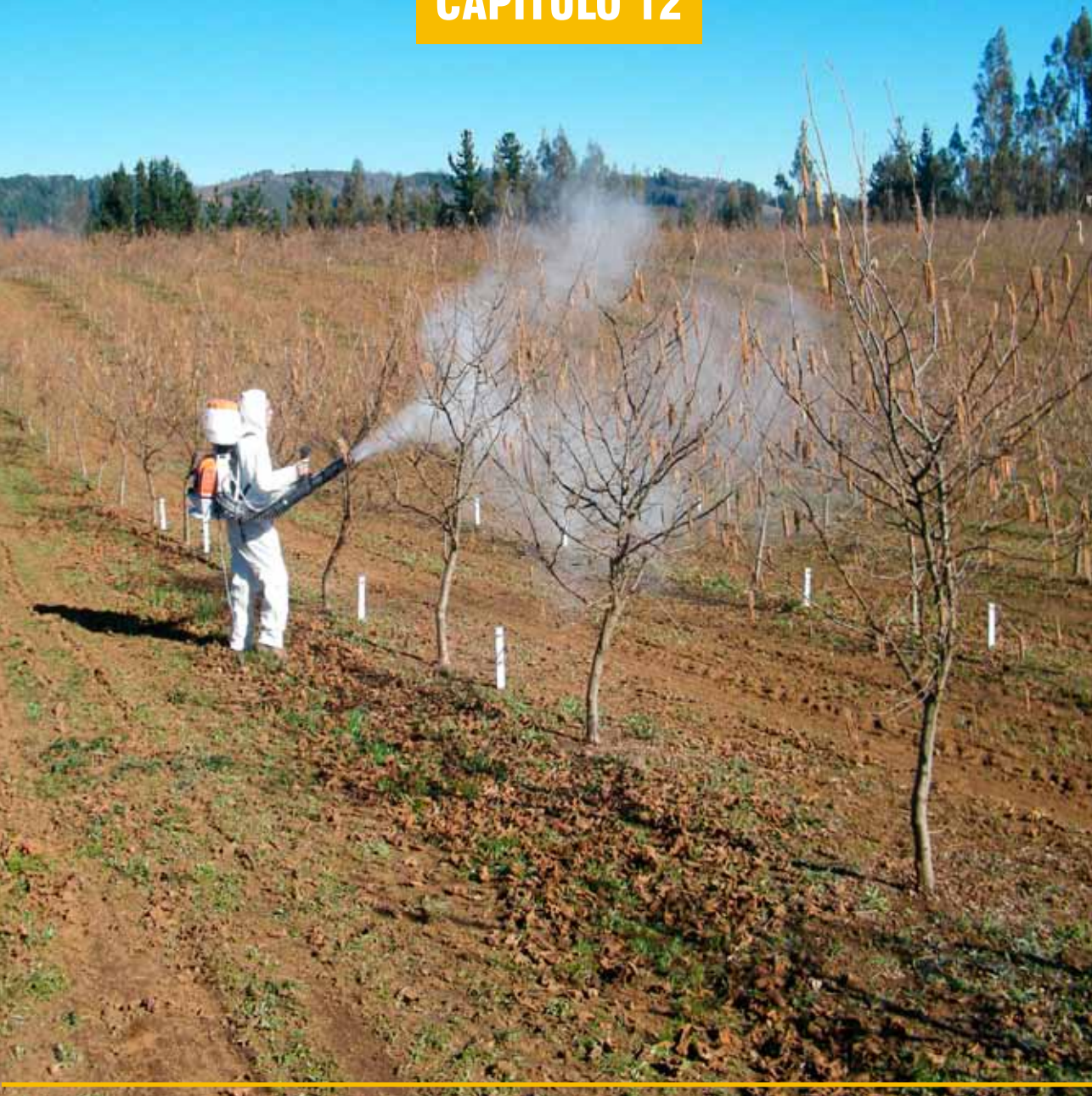


CAPÍTULO 12



POLINIZACIÓN

Miguel Ellena D., Ing. Agrónomo Dr.
Abel González G., Ing. Agrónomo M.Sc.
Paola Sandoval F., Ing. Agrónomo
Sergio Escobar S., Técnico Universitario Agrícola

La polinización es el proceso de transporte del polen desde las anteras de las flores masculinas a los estigmas de las flores femeninas al momento de la antesis (plena floración). El polen del avellano se caracteriza por ser de tamaño pequeño y muy liviano, facilitando su transporte a grandes distancias a través del viento (polinización anemófila). Este tipo de polinización requiere que el polen sea pequeño o con una relación superficie/volumen muy grande. Esto reduce su velocidad de sedimentación y facilita que alcance mayores distancias cuando es arrastrado por el viento (Ellena, 2010; Ellena y Sandoval, 2013; Ellena *et al.*, 2014).

La producción de gran cantidad de polen en avellano se logra a través del aumento en el número de flores masculinas, llegando a producir entre 1 a 2,5 millones de granos de polen por cada estambre dependiendo de la variedad.

12.1. Polen

La función del polen es actuar como microgametofito a nivel de reproducción de las especies vegetales (Gaten, 2000). Es el componente fundamental de la reproducción sexual y encargado de transmitir el material genético masculino. Es responsable de heredar y transmitir la mayor parte de los genes de resistencia a condiciones de estrés bióticos y abióticos (Seiler y Olson, 1999).

El grano de polen está protegido por una especie de cubierta o capa resistente denominada esporodermis, que a su vez se encuentra conformada por dos paredes formadas de manera centripeta, la exina y la intina. El componente principal de la exina es la esporopolenina, un biopolímero de carotenoides y ésteres de carotenoides, que forma un involucro resistente e impermeable (Heslop-Harrison, 1975). Sobre su superficie presenta surcos, cavidades y poros germinativos, cuya estructura está genéticamente determinada y es útil para fines taxonómicos (Marcucci *et al.*, 1984). En las cavidades exínicas, sobre todo en los poros germinativos, existe una acumulación de proteínas esporofíticas producidas por las células del tapeto, que presentan un rol determinante al permitir la emisión del tubo polínico, las que intervienen en el fenómeno de la incompatibilidad esporofítica.

La intina, es a su vez estratificada, con un estrato externo delgado de naturaleza pectínica, un estrato intermedio, donde se ubican las proteínas gametofíticas y finalmente un estrato pecto-celulósico más interno, precursor de la pared del tubo polínico.

El grano polínico maduro, portador de los gametos masculinos y de su célula progenitora (Knox, 1984), juega un rol fundamental en el proceso fecundativo, siendo su función esencial conducir los gametos en el embrioso, debido al desarrollo regular de los eventos de la germinación y crecimiento del tubo polínico dentro de los tejidos del gametofito femenino.

12.1.1. Hidrodinámica de la germinación

12.1.1.2. Fase de deshidratación

Con anterioridad a la antesis, en la fase final de maduración del gránulo polínico, los tejidos de la antera y los gránulos experimentan una rápida deshidratación con una reducción en volumen (15%).

La polinización de esta especie frutal de nuez ocurre en pleno invierno, durante un período en que las condiciones ambientales no son favorables para el desarrollo biológico del proceso. Sin embargo, el avellano europeo está muy adaptado para efectuarlo (Ellena, 2010; Ellena *et al.*, 2014).

Los estilos y estigmas son de gran tamaño, con el objeto de facilitar la captura del polen que es transportado en el aire (Ellena y Sandoval, 2013; Ellena *et al.*, 2014; Strasburger, 1994). El tiempo de receptividad es de aproximadamente un mes y la cantidad de granos de polen permite que ocurra la polinización. Determinadas condiciones ambientales: vientos frecuentes en época de antesis, inexistencia de nieblas, lluvias, tiempo seco, días serenos y temperaturas adecuadas después de la polinización, favorecen este proceso (Ellena *et al.*, 2014).

12.1. Elección de los cultivares polinizadores y distribución espacial de los árboles

La importancia de los cultivares polinizadores se debe a la autoincompatibilidad de la especie, que a pesar de portar contemporáneamente flores femeninas y masculinas (especie monoica), requiere el polen de otra variedad para poder fructificar (Ellena, 2010). El avellano europeo es una especie monoica autoincompatible, es decir las flores masculinas de un árbol no poliniza a las flores femeninas del mismo árbol (Thompson, 1979a). Por ello, en una plantación de avellano se deben establecer cultivares polinizadores genéticamente compatibles con la variedad principal, haciendo coincidir sus estados fenológicos (floración masculina del polinizante con la floración femenina de la variedad principal). Además, ser buena productora de polen e idealmente producir frutos de calidad y comercialmente válidos para la industria de transformación o para uso directo (Ellena, 2010; Roversi, 2007).

En plantaciones comerciales de avellano europeo, para una variedad principal es necesario establecer entre 10 a 15% de cultivares polinizadores. Se recomienda utilizar como mínimo dos variedades polinizadoras, idealmente tres, a modo de cubrir por completo el período de receptividad del estigma de la variedad principal o base. Estos pueden distribuirse en zig-zag o en hileras completas cada 8-9 hileras de la variedad principal. Se recomienda

esta última modalidad para facilitar la separación de las avellanas a la cosecha (Ellena, 2010; Roversi, 2007).

La distribución de los cultivares polinizadores debe realizarse correctamente para alcanzar buenos rendimientos y calidad de fruta. De acuerdo al tamaño del huerto, es necesario preveer al menos un 10% de polinizadores como ya se ha indicado. A modo de ejemplo: para una superficie de 1 ha y un marco de plantación de 5 x 4 m se requiere establecer 500 plantas de avellano subdivididas en 450 de la variedad principal y 50 árboles polinizadores. La distribución en zig-zag es más eficiente desde el punto de vista de la dispersión del polen. No obstante, considerando que presentan exigencias agronómicas (tratamientos fitosanitarios y época de cosecha) diferentes a la variedad principal (ejemplo Barcelona o Tonda di Giffoni), es aconsejable establecerlas en una sola hilera de plantación (Ellena, 2010).

Otra alternativa es el sistema Oregon, donde cada 3 hileras de la cultivar principal se establece una hilera con las variedades polinizadoras. Estas últimas son plantadas en la fila en forma alternada, cada 3 plantas polinizadoras van 2 árboles de la variedad principal y así sucesivamente. De acuerdo a estudios realizados en Italia y en la Región de La Araucanía, las variedades principales y los cultivares polinizadores no deberían establecerse a distancias mayores de 15 a 20 m (Ellena, 2010; Roversi, 2007).

La orientación de las hileras de los cultivares polinizadores debe considerar el sentido de los vientos dominantes, durante el período de floración masculina (liberación del polen por parte de los amentos) y receptividad de las flores femeninas (estigmas), para asegurar una buena distribución del polen. Cabe señalar que la floración de esta especie ocurre en pleno período invernal y una adecuada diseminación del polen ocurre cuando hay menor humedad ambiental, generalmente a medio día, con ausencia de lluvias y brisas suaves con viento a favor. En la zona sur el viento predominante bajo estas condiciones es el noroeste, que permite generar libre flujo de polen para una buena polinización anemófila (a través del viento). Considerando que el transporte del polen ocurre por vía anemófila, es importante revisar que las filas de los polinizadores se ubiquen a sopravento como se indica en la siguiente figura.

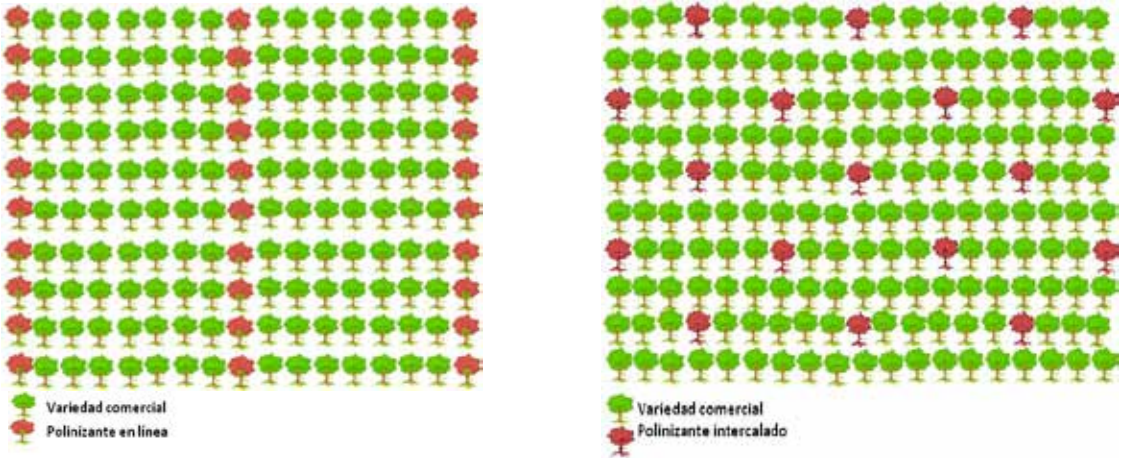


Figura 1. Ejemplo de ubicación de los cultivares polinizadores en el huerto.



Foto 1. Cultivares polinizantes dispuestos en hilera completa (7 julio de 2012) para el cv. Barcelona. Comuna de Gorbea, Región de La Araucanía.

Fuente: INIA Carillanca

12.1.1. Autoincompatibilidad

La autoincompatibilidad es la incapacidad de una planta para producir semillas mediante auto-polinización, aun cuando estén presentes los gametos. Se trata de una estrategia reproductiva cuyo objetivo es estimular la fecundación entre individuos que no están relacionados y por tanto, es un mecanismo creador de nueva variabilidad genética (Frankel y Galun, 1997).

12.1.2. Autoincompatibilidad esporofítica

En la autoincompatibilidad de tipo esporofítica es el genoma del esporofito (2n) genitor del polen que determina el resultado de rechazo-aceptación,

la inhibición se presenta tempranamente a nivel del estigma, que no es causada ni por muerte celular programada ni por necrosis del polen. Al contrario, se ha observado que los gránulos de polen permanecen vitales y mueren luego por vejez sobre el estigma incompatible y sin la posibilidad de germinar por la incapacidad de rehidratarse.

La mayoría de las variedades de avellano europeo presentan autoincompatibilidad, es decir, el polen de una variedad no puede fecundar a las flores femeninas de la misma variedad, salvo algunas variedades como Tombul y Nocchione, parcialmente autocompatibles (Germain y Sarraquigne, 2004; Vicol *et al.*, 2009). Se ha determinado que la causa de éste fenómeno es de origen genético, controlado por una serie de alelos de un gen denominado S de esterilidad (Mehlenbacher, 1997; Thompson, 1979a; Thompson, 1979b; Thompson *et al.*, 1996). Un gen único, localizado en una porción específica del cromosoma controla este tipo de incompatibilidad. Existen alrededor de 30 alelos conocidos de este gen, cada uno identificado por un número.

La autoincompatibilidad se produce cuando los granos de polen y los tejidos del estilo de una variedad son portadores de los mismos alelos de incompatibilidad. Por ello, es importante conocer la incompatibilidad entre el cultivar principal y los polinizadores (Thompson, 1979; Mehlenbacher, 1997). Se recomienda la presencia de más de un cultivar polinizador genética y cronológicamente compatible que permita cubrir el período de floración femenina de la variedad principal (Heslop-Harrison, 1975).

La superficie estigmática es el sitio de la reacción de incompatibilidad y el crecimiento del tubo polínico se detiene en ésta (Mehlenbacher y Thompson., 1998; Hampson *et al.*, 1993). En un sistema de incompatibilidad esporofítica, la exina del polen porta dos alelos S determinados por las plantas que producen el polen (Me *et al.*, 2000). En otras palabras, el rechazo del polen en un sistema esporofítico está controlado por la interacción de la incompatibilidad genotípica del pistilo con el genotipo (parental) que aporta el polen, y no con el genotipo haploide del polen. Así, cada gránulo de polen en plantas con incompatibilidad esporofítica presenta los productos de dos alelos S y el rechazo ocurre cuando uno de los alelos coincide con alguno de los alelos S expresados en el pistilo (Matton *et al.*, 1994).

Este sistema genético se ha observado también en otras especies (Hughes y Babcock, 1950) y se debe a ciertos compuestos químicos que son parte de las paredes de los gránulos de polen, que se expresan cuando el tubo polínico entra en contacto con el estilo. Esto explica el reconocimiento entre el estigma y el grano polínico como efecto de una proteína S que es secretada por el tejido esporofítico diploide desde el tapetum interno de las anteras y fijada sobre la parte externa del grano polínico durante su maduración. Todos los alelos son codominantes en el pistilo, pero pueden

mostrar codominancia o dominancia en el polen (Mehlenbacher y Thompson, 1998). Como ya se ha indicado, el sitio de la reacción de incompatibilidad es la superficie estigmática del pistilo. Estudios de incompatibilidad alélica de avellano se pueden realizar mediante microscopía fluorescente, con el fin de elegir los polinizadores apropiados para un huerto de avellano. Se han realizado estudios moleculares en especies con incompatibilidad esporofítica, particularmente en brassicas, determinando que la incompatibilidad esporofítica ocurre a nivel celular en las papilas estigmáticas que portan en su superficie proteínas (S) con el gen receptor S kinasa (SRK), (Stein *et al.*, 1991). En la membrana plasmática y en la pared celular se encuentra la glicoproteína (SLG), (Nasrallah *et al.*, 1985). Ambos genes son altamente polimórficos y parte de la SLG presenta un alto grado de secuencia idéntica con el dominio extracelular SRK (Takasaki *et al.*, 2000; Silva *et al.*, 2001), concluyendo que SRK es determinante en la auto-incompatibilidad en el pistilo y que la SLG actúa promoviendo la manifestación completa de la auto-incompatibilidad a través de un mecanismo desconocido (Tatsayana e Isogai, 2003).

La fisiología de las reacciones de auto-incompatibilidad de todas las especies auto-incompatibles son similares. La superficie estigmática es tipo seca y el polen trinucleado. La auto-polinización es generalmente inhibida temprano, antes o al momento de la germinación del polen (Franklin *et al.*, 1995). Sin embargo otros autores encontraron polen bi-nucleado en avellano (Me and Radicati., 1983; Heslop-Harrison *et al.*, 1986).

12.2. Factores que inciden en la polinización

12.2.1. Cantidad de flores masculinas y femeninas.

La cantidad de flores está relacionada con los siguientes factores: longitud de los brotes de un año de más de 15 cm de longitud, buena penetración de luz al interior de la copa del árbol, máxima superficie foliar, mínimo daño en hojas por plagas y enfermedades y buen estado nutricional de las plantas (Ellena, 2010).



Foto 2. Árbol de avellano con adecuada longitud de brotes y alta presencia de flores femeninas.

Fuente: INIA Carillanca



Foto 3. Árboles de avellano europeo con copa despejada y buena penetración de luz, cv. Tonda di Giffoni (izquierda) y cv. Barcelona (derecha). Comuna de Vilcún, Región de La Araucanía.

Fuente: INIA Carillanca

12. 3. Variedades polinizadoras

Una buena variedad polinizadora debe tener las siguientes características:

(1) Compatibilidad fenotípica: o sea la floración masculina debe sobreponerse exactamente a la floración femenina de la variedad principal ("overlapping"). Cabe señalar que no todas las variedades polinizadoras presentan un buen overlapping con la variedad principal que requiere ser polinizada.

(2) Compatibilidad genotípica: los factores de incompatibilidad no deben ser los mismos para el estigma y el polen como se indicó anteriormente. La combinación de la variedad principal con su polinizante puede ser compatible solo cuando los factores de esterilidad del polen y del estigma son diferentes, como se indica en tabla de compatibilidad para diferentes variedades de avellano europeo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tabla de compatibilidad de variedades de avellano europeo.

	<i>Polen Parenteral</i>	Barcelona	Ennis	Montebello	TGDL	T. Giffoni	T. Romana	Negret	Casina	Butler	Daviana	Hall's Giant	Willamette	Lewis	Clark
Parental Femenino	<i>Alelo Expresado *</i>	1	1	1	7	2	10-20	10	10-21	3	3	5-15	3	3-8	3-8
Barcelona	1 - 2	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ennis	1 - 11	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Montebello	1 - 2	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
TGDI	2 - 7	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
T. Giffoni	2 - 7	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
T. Romana	2 - 23	+	++	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Negret	10 - 20	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Casina	10 - 21	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Butler	2 - 3	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-
Daviana	3 - 11	+	+	+	+	+	++	+	+	-	-	+	-	-	-
Hall's Giant	5 - 15	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
Lewis	3 - 8	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-
Willamette	1 - 3	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-

(+) Compatible (-) Incompatible

(3) Compatibilidad de cosecha: la fecha de cosecha de la variedad polinizadora no debe ser muy precoz o tardía respecto a la variedad principal. Ello, para evitar dos cosechas separadas (variedad principal y cultivar polinizador).

(4) Compatibilidad tecnológica: especialmente para la industria procesadora en el mismo lote, se prefiere o exige avellanas con tamaño, forma y características comerciales muy similares entre ellas. Por ejemplo, en un lote de la variedad Barcelona o Tonda di Giffoni no pueden encontrarse avellanas de otras variedades diferentes como por ejemplo Daviana, Rojo, Café, Azul, entre otras.

12.5. Nuevas tecnologías de polinización

12.5.1. Polinización asistida o suplementaria

En avellano europeo se ha observado un marcado efecto de las condiciones térmicas sobre el tiempo de floración y grado de dicogamia, afectando significativamente la producción de los árboles. Por ello, es fundamental elegir una adecuada cantidad, distribución y densidad de cultivares polinizadores, para plantaciones de esta especie en diferentes zonas productoras. Para mejorar la polinización cruzada (natural del avellano) se puede recurrir a la polinización asistida o suplementaria, en particular en temporadas con condiciones climáticas adversas que dificultan el transporte del polen desde los amentos de los cultivares polinizadores (flores masculinas) hacia los estigmas receptivos (flores femeninas) de la variedad principal o comercial.

La polinización asistida es una técnica que ha permitido complementar la polinización natural de los cultivares polinizadores. Se ha realizado con éxito durante el período de receptividad de los estigmas (Ellena, 2010 y 2014). También se ha utilizado con éxito en otras especies frutales como Kiwi, con tratamientos de polen en suspensiones acuosas sobre las flores (Hopping y Jerram, 1979; Hopping y Jerram 1980a; Hopping, 1982; Hopping y Simpson, 1982; Hopping y Hacking, 1983; Testolin *et al.*, 1990) y tratamientos en polvo (Reginato *et al.*, 1992). En este estudio se demostró el efecto negativo del talco utilizado como acarreador con disminución del peso de los frutos (16,5%) utilizando polen conservado, lo que no se observó al considerar polen fresco recolectado previo a las aplicaciones. Ello podría atribuirse a una posible barrera física por acumulación de granos de polen no viables sobre la superficie estigmática, que impide la llegada de un número suficiente de granos de polen y con ello, una menor cantidad de microesporas totales que lograrían germinar y fertilizar los óvulos (Craig y Stewart, 1988)

La aplicación de polen se puede realizar mediante la aspersion vía líquida o mediante formulados secos que permitan su llegada en forma eficaz a los estigmas en estado de receptividad.



Foto 4. Medios líquidos y sólidos aplicados para polinización asistida.

12.5.2. Aplicaciones

Se recomienda realizar al menos dos aplicaciones cada 15 días después del inicio de la floración femenina, con dosis de 50 gramos de polen en 72 litros de agua o 50 gramos de polen en 5 kilos de materia inerte como talco o licopodium (Ellena, 2010). El tipo de polen (cultivar polinizador) y medio de aplicación utilizado tiene un efecto importante en el rendimiento de fruto de esta especie frutal (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto de selecciones de cultivares polinizadores sobre el rendimiento de fruto del cv. Barcelona (6 años de edad), a través de polinización asistida (en dos localidades). Temporada 2008-2009.

Promedio de Rendimiento de fruto (kg ha ⁻¹)					
Metódo de aplicación	Selección INIA 24	Selección INIA 45	Selección INIA 3	Selección INIA 103	Testigo
Asperjado	1.770 a	1.145 a	1.182 a	1.533 b	
Pincelado	1.312 ab	846 abc	908 b	1.778 a	
Testigo					993 bc

Medias con letras diferentes indican diferencias significativas, según prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

En relación a lo anterior, el tratamiento con las selecciones INIA 24 e INIA 103 con aplicación de polen a través de los métodos de asperjado y pincelado permitió lograr los mayores rendimientos de fruto del cv. Barcelona (1.770 y 1.778 kg ha⁻¹, respectivamente), con diferencias significativas respecto del testigo (polinización natural del huerto), que solo alcanzó 993 kg ha⁻¹.

Cuadro 3. Efecto de selecciones de cultivares polinizadores sobre el rendimiento de fruto del cv. Barcelona (6 años de edad), a través de polinización asistida (temporadas 2008-2009 y 2009-2010). Comuna de Gorbea, Región de La Araucanía.

	Rendimiento de fruto (kg ha ⁻¹)			
	2009		2010	
Polinizantes	(kg ha ⁻¹)	%	(kg ha ⁻¹)	%
Selección INIA 103	1.655,7	167	-	-
Selección INIA 24	1.586,9	160	2.742,9	132
Selección INIA 45	-	-	2.422,9	116
Selección INIA 87	-	-	-	-
Selección INIA 3	1.044,6	105	-	-
Selección INIA 33	-	-	2.315,6	111
Testigo	992,6	100	2.085,0	100

Se aprecia una tendencia a un mayor rendimiento de fruto del cv. Barcelona (Cuadro 3) con las selecciones polinizantes INIA 103 y INIA 24 en la temporada 2008-2009 (1.655,7 y 1.586,9 kg ha⁻¹) y selección INIA 24 en 2009-2010 (2.742,9 kg ha⁻¹), superior a los demás tratamientos incluido el testigo (polinización natural o cruzada del huerto).

La Plataforma Frutícola de INIA Carillanca continúa esta línea de investigación a fin de mejorar los resultados, poniendo a punto diferentes métodos de aplicación del polen: licopodium, amentos, asperjado, polen fresco, polen conservado. A la vez, se aprecia una tendencia a un mayor rendimiento de fruto del cv Barcelona (2.985 kg ha^{-1}) con el tratamiento que incluyó la incorporación de licopodium como acarreador del polen, superior a aquellos obtenidos con otros tratamientos, incluido el testigo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de distintos métodos de aplicación de polen sobre el rendimiento de fruto del cv. Barcelona (6 años de edad), (temporada 2011). Comuna de Gorbea, Región de La Araucanía.

Método de aplicación	Rendimiento (kg ha^{-1})	%
Licopodium	2.985	143
Amentos	2.556	123
Polen asperjado	2.432	117
Polen fresco	2.165	104
Polen conservado	2.499	120
Testigo	2.085	100

Éste ha permitido un mejor desplazamiento del polen hacia los estigmas de las flores femeninas del cultivar principal. También se aprecia una tendencia favorable sobre el rendimiento de fruto del cv Barcelona, aunque de menor magnitud que lo indicado en el cuadro anterior, con el uso de amentos de cultivares compatibles con la variedad principal y polen conservado en frío durante una temporada. Con estos tratamientos se lograron rendimientos de 2.556 y 2.499 kg ha^{-1}) respectivamente, superiores al testigo (polinización natural de los cultivares polinizadores ubicados en el huerto) que alcanzó 2.085 kg ha^{-1} .

Trabajos recientes realizados por INIA Carillanca y la empresa Gafrusur de la Región de Los Lagos, indicaron un efecto positivo de la polinización asistida vía medio líquido y medio sólido, formulados con algunos acarreadores y compuestos nutritivos que permiten una mejor acción y vitalidad del polen empleado (datos no presentados). En una segunda etapa se pretende desarrollar dichos formulados a escala comercial y probablemente ofrecer un servicio de polinización asistida a los productores, con un producto de calidad garantizada. Este producto debe contener polen con un alto porcentaje de germinación, viabilidad y compatible con la variedad principal a polinizar.



Foto 5. Aplicación de medio líquido y sólido para polinización asistida. Comuna de Pitrufquén, Región de La Araucanía.

Fuente: INIA Carillanca



Foto 6. Árbol de avellano europeo, cv. Barcelona polinizado mediante polinización asistida con adecuada carga de frutas.

Fuente: INIA Carillanca

El empleo de esta técnica ha permitido mejorar los rendimientos en avellano europeo, que es importante para complementar la polinización natural de las variedades polinizadoras. En particular, bajo condiciones de clima no adecuado como exceso de lluvias durante el período de liberación del polen y receptividad de los estigmas situaciones de exceso de frío, donde se pueden dañar los amentos o exceso de humedad relativa que impide un buen transporte o vuelo del polen (Ciesielska *et al.*, 1994; Ellena, 2010; Ellena *et al.*, 2014; Ninot y Mena, 1983). Algunos resultados de estudios realizados con polinización asistida en el sur de Chile, con empleo de formulaciones en base a líquido mojable y polvo mojable pueden apreciarse en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Efecto del tipo de formulado sobre el rendimiento de fruto de avellano europeo, cv Barcelona en la comuna de Gorbea (Región de La Araucanía) y Osorno (Región de Los Lagos), (Temporadas 2014 y 2015).

Tipo de formulado	Comuna Gorbea		Comuna Osorno		Ambas localidades	
	Rendimiento de fruto (kg ha ⁻¹)	%	Rendimiento de fruto (kg ha ⁻¹)	%	Rendimiento de fruto (kg ha ⁻¹)	%
Líquido mojable	1.812	112	974	155	1.393	124
Polvo mojable	1.989	123	1.278	203	1.634	145
Testigo	1.618	100	629	100	1.123	100

Respecto de la polinización asistida, se aprecia una tendencia a un mayor rendimiento de fruto del cv. Barcelona con el formulado polvo mojable que con el líquido mojable y el testigo (solo polinización natural o cruzada del huerto), en los sitios experimentales de las Comunas de Gorbea y Osorno y en ambas localidades en conjunto (Cuadro 5). Estos resultados indicarían que existen serios problemas de polinización en el huerto y que la polinización asistida o suplementaria permite mejorar positivamente los rendimientos unitarios. En Osorno la tendencia a un mayor rendimiento de fruto, con el uso de polvo mojable es más pronunciada (45% superior al testigo), dado que existe una menor ventana con condiciones climáticas adecuadas que permitan lograr una polinización natural efectiva de los cultivares polinizadores, especialmente por exceso de lluvia y humedad ambiental, que afectan el transporte del polen desde los amentos a los estigmas de la flor femenina.

Con el objetivo de mejorar la efectividad de los formulados desarrollados por la Plataforma Frutícola de INIA Carillanca, se realizaron otros estudios con formulaciones de medios líquidos y sólidos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Efecto del tipo de formulaciones líquidas sobre el rendimiento de fruto de avellano europeo, cv Barcelona, en las comunas de Gorbea (Región de La Araucanía) y Osorno (Región de Los Lagos), (Temporada 2014 y 2015).

Formulación líquido	Comuna Gorbea		Comuna Osorno		Ambas localidades	
	Rendimiento de fruto (kg ha ⁻¹)	%	Rendimiento de fruto (kg ha ⁻¹)	%	Rendimiento de fruto (kg ha ⁻¹)	%
ML 1	1.588	98	1.004	160	1.296	115
ML 2	1.988	123	830	132	1.409	125
ML 3	1.860	115	1.090	173	1.475	131
Testigo	1.618	100	629	100	1.123	100

En la comuna de Gorbea, se aprecia una tendencia a mejores rendimientos con los medios líquidos (ML2 y ML3), 1.988 y 1.860 kg ha⁻¹ respectivamente, con un 23 y 15% más de rendimiento que el testigo (1.618 kg ha⁻¹). Al respecto, en la comuna de Osorno los mejores rendimientos se lograron con el medio (ML3 y ML1) con producciones de 1.090 y 1.004 kg ha⁻¹, con un 73 y 60% más de rendimiento en relación al testigo (629 kg ha⁻¹).

Cuadro 7. Efecto del tipo de formulaciones polvo seco sobre el rendimiento de fruto del cv Barcelona (7 años de edad), (Temporada 2014 y 2015). Comunas de Gorbea (Región de La Araucanía) y Osorno (Región de Los Lagos).

Formulado Seco	Comuna Gorbea		Comuna Osorno		Ambas localidades	
	Rendimiento de fruto (kg ha ⁻¹)	%	Rendimiento de fruto (kg ha ⁻¹)	%	Rendimiento de fruto (kg ha ⁻¹)	%
WD 1	1.544	95	1.220	194	1.382	123
WD 2	2.434	150	1.336	212	1.885	168
Testigo	1.618	100	629	100	1.123	100

Respecto a los formulados polvo seco, se aprecia en la comuna de Gorbea una tendencia a un mayor rendimiento (2.434 kg ha⁻¹) con el tratamiento WD2, con un 50% más de producción que el testigo (1.618 kg ha⁻¹). Por su parte en el sitio experimental de Osorno, los 2 formulados sólidos empleados muestran una tendencia caracterizada por rendimientos muy superiores (1.336 y 1.220 kg ha⁻¹) al testigo (629 kg ha⁻¹). Ello podría sugerir que bajo las condiciones experimentales del sitio en la comuna de Osorno existen serios problemas de polinización cruzada o natural del huerto.

Por otra parte, los estudios contemplaron también la evaluación del método de aplicación del polen mediante equipos (neumático, hidroneumático y centrífuga y pulverizador), para determinar su efecto sobre el rendimiento de fruto de avellano europeo (Cuadro 8).

Cuadro 8. Efecto de diferentes métodos de aplicación de polen sobre el rendimiento de fruto del cv Barcelona (7 años de edad), (Temporadas 2014 y 2015). Comunas de Gorbea (Región de La Araucanía) y Osorno (Región de Los Lagos).

Localidad	Comuna Gorbea		Comuna Osorno	
	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	%	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	%
Centrífuga	1.362 a	84	925 b	147
Hidroneumática	2.029 b	125	1.032 b	164
Neumática	2.045 b	126	967 b	154
Pulverizadora	1.989 b	123	1.278 b	203
Testigo	1.618 a	100	629 a	100

Medias con letras diferentes indican que existen diferencias significativas, según prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

En la comuna de Gorbea, los métodos de aplicación de polen mediante equipos de tipo neumático, hidroneumático y pulverizador permitieron rendimientos significativamente superiores de fruto (2.045, 2029 y 1.989 kg ha⁻¹) a aquellos logrados con el testigo (1.618 kg ha⁻¹) y el sistema centrífuga, que presentó los rendimientos más bajos (1.362 kg ha⁻¹). En el sitio experimental de la comuna de Osorno, todos los tratamientos que consideraron aplicación de polen mediante el uso de equipos determinaron un significativo mayor rendimiento de fruto que el testigo (629 kg ha⁻¹). No obstante, en esta última localidad se aprecia una tendencia no significativa a un mayor valor del parámetro con el uso del equipo pulverizador (1.278 kg ha⁻¹). Por otra parte, en ambos sitios experimentales también se aprecia una tendencia (no significativa estadísticamente) a obtener menores valores del parámetro cuando se utiliza el equipo centrífuga, respecto de los otros equipos evaluados. Ello posiblemente indicaría que el equipo empleado no logró un buen mojamiento y por tanto, hubo una escasa eficacia en la llegada del polen al estigma de la flor femenina.



Fotomontaje 1. Mojamiento y eficacia de la aplicación de los equipos empleados.

Durante la temporada 2014-2015 se continuaron los ensayos de polinización asistida con medios líquidos, sólidos y microencapsulado (con diferentes dosis) en las comunas de Gorbea y Osorno, cuyos resultados se presentan a continuación.

Cuadro 9. Efecto de diferentes tipos de formulados y dosis sobre el rendimiento de frutodel cv Barcelona (temporadas 2014 y 2015). Gorbea, Región de La Araucanía.

Formulado	Rendimiento fruto (kg ha ⁻¹)					
	80 g ha ⁻¹	160 g ha ⁻¹	240 g ha ⁻¹	Testigo	Promedio	%
Líquido	870	861	854		861	118
Seco	729	768	773		757	104
Microencapsulado		688			688	94
Testigo				728	728	100
Promedio medios (seco y líquido)	799	815	813	728		
%	110	112	112	100		

En la comuna de Gorbea, los mayores rendimientos promedios (861 kg ha⁻¹) se obtuvieron con el tratamiento líquido en las diferentes dosis empleadas (80, 160 y 240 g), sin diferencias importantes de rendimiento de fruto obtenidas con el uso de ellas. Se observa una tendencia a un mayor rendimiento de fruto con los tratamientos líquidos y sólidos que con el testigo (728 kg ha⁻¹). El tratamiento con menor rendimiento (688 kg ha⁻¹) se obtuvo con el microencapsulado, ya que aún es necesario mejorar el proceso de microencapsulación, particularmente el grosor de la capa que envuelve los gránulos de polen. Es importante indicar que los rendimientos fueron extremadamente bajos durante la temporada 2014-2015 por condiciones climáticas que afectó con fuerza la producción de flores femeninas.

Cuadro 10. Efecto de diferentes tipos de formulado y dosis sobre el rendimiento de fruto del cv Barcelona (temporadas 2014 y 2015). Comuna de Osorno, Región de Los Lagos.

Formulado	Rendimiento fruto (kg ha ⁻¹)					
	80 g ha ⁻¹	160 g ha ⁻¹	240 g ha ⁻¹	Testigo	Promedio	%
Líquido	870	832	913		864	116
Seco	788	764	765		772	104
Microencapsulado		792			792	107
Testigo				743	743	100
Promedio medios (seco y líquido)	818	798	839	743		
%	110	107	113	100		

En el sitio experimental de la comuna de Osorno los mayores rendimientos promedio se lograron con el tratamiento líquido (864 kg ha^{-1}), observándose una tendencia de mayor rendimiento de fruto (913 kg ha^{-1}) con el uso de la dosis más elevada del formulado líquido (240 g). El microencapsulado no mostró diferencias de rendimiento de fruto con el testigo (ambos con producciones promedio de 792 kg ha^{-1}).

Cuadro 11. Efecto de diferentes tipos de formulado sobre el rendimiento promedio del fruto del cv Barcelona (7 años de edad), (temporadas 2014 y 2015). Comunales de Gorbea (Región de La Araucanía) y Osorno (Región de Los Lagos).

Tipo de formulado	Rendimiento de fruto promedio (kg ha^{-1})
Líquido	862,6a
Seco	764,5b
Microencapsulado	740,1b
Testigo	733,4b

Medias con letras diferentes indican que existen diferencias significativas, según prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

El formulado líquido condujo a un rendimiento de fruto del cv Barcelona significativamente superior al logrado con el formulado seco, microencapsulado y el testigo, sin mayores diferencias entre sí. En general, los rendimientos de fruto obtenidos fueron notoriamente inferiores al normal, debido a las inadecuadas condiciones climáticas imperantes durante el invierno de 2014 en las regiones de La Araucanía y Los Lagos.

Por otra parte, la microencapsulación es una tecnología interesante a utilizar en polinización asistida ya que permitiría proteger el grano de polen de las condiciones ambientales y poder almacenar a temperatura ambiente, prescindiendo de la cadena de frío que implica un costo importante por concepto de conservación del polen durante una temporada hasta su utilización en campo. Sin embargo, como se dijo anteriormente, los protocolos de esta tecnología deberán ser ajustados con el fin de lograr un producto a nivel comercial de elevada calidad.

Por otra parte, los distintos cultivares polinizantes utilizados en la formulación líquida, no se diferenciaron significativamente entre ellos respecto del rendimiento de fruto obtenido, lo cual puede apreciarse en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Efecto de distintos cultivares polinizadores utilizados en formulación líquida para polinización asistida sobre el rendimiento de fruto del cv Barcelona (7 años de edad), (temporadas 2014 y 2015). Comuna de Gorbea, Región de La Araucanía.

Cultivar polinizante	Rendimiento promedio (kg ha ⁻¹)
CR	908,1 a
CM	870,6 a
CB	845,8 a
CA	826,1 a

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes, según prueba LSD de Fisher ($p > 0,05$).

En relación a la evaluación de la combinación del medio/formulado y sistema de aplicación, se observa que el uso del medio A en formulado seco aplicado con pulverizadora, condujo a un mayor rendimiento de fruto del cv. Barcelona con un rendimiento promedio (1.885,3 kg ha⁻¹), (Cuadro 13), significativamente superior al de los demás tratamientos, excepto de aquel con el medio GG y aplicación neumática y del otro con el medio GA y sistema hidroneumático.

Cuadro 13. Efecto de la interacción medio/formulado y sistema de aplicación sobre el rendimiento de fruto del cv Barcelona (7 años de edad), (temporada 2014). Comunas de Gorbea (Región de La Araucanía) y Osorno (Región de Los Lagos).

Medio	Sistema de aplicación	Rendimiento promedio (kg /ha ⁻¹)
A	Pulverizadora	1.885,2 a
GG	Neumática	1.647,4 ab
GA	Hidroneumática	1.573,2 abc
A	Hidroneumática	1.523,5 bc
GA	Neumática	1.518,7 bc
GA	Hidroneumática	1.494,4 bc
M	Pulverizadora	1.382,1 bcd
A	Neumática	1.351,1 bcde
GG	Centrífuga	1.283,8 cde
GA	Centrífuga	1.133,9 de
A	Centrífuga	1.012,9 e

Medias con letras diferentes indican diferencias significativas, según prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$)

El rendimiento más bajo se obtuvo con el medio A, aplicado a través del sistema centrífuga (1.012,9 kg ha⁻¹). Respecto a otras variables medidas (datos no presentados), como peso del fruto, peso de semilla y número

de frutos vanos, no se encontraron diferencias significativas entre los distintos medios usados. En cuanto el medio de aplicación utilizado (datos no presentados), el sistema centrífuga mostró un significativo menor peso de fruto y de semillas que el testigo. No se encontraron diferencias significativas en el número de frutos vanos, entre los distintos métodos de aplicación evaluados.

Por otra parte, el incremento de la dosis de polen en el formulado líquido no presentó un aumento significativo del rendimiento de fruto del cv. Barcelona (Cuadro 14).

Cuadro 14. Efecto de las dosis de polen (g) en el formulado líquido sobre el rendimiento de fruto del cv Barcelona (7 años de edad). Temporada 2015.

Dosis de polen (g)	Rendimiento de fruto (kg ha ⁻¹)
0,1	858,3 a
0,2	846,3 a
0,3	883,1 a

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes, según prueba LSD de Fisher ($p > 0,05$).

En relación a la polinización después de 7 temporadas de investigación gracias al **proyecto Corfo: "Evaluación de tecnologías para el mejoramiento de la productividad y calidad del fruto de avellano europeo (*Corylus Avellana* L.) en la zona sur de Chile destinado a la industria alimentaria y proyecto FIA: "Creación de un formulado en base a polen (Polle Nuts INIA) de calidad garantizada para el incremento de la productividad de avellano europeo y el fortalecimiento de la competitividad del rubro en Chile**, se ha demostrado que el proceso de polinización cruzada con cultivares polinizadores en el huerto es insuficiente. En invierno, la alta humedad y precipitaciones frecuentes son una barrera para la llegada del polen al estigma de la flor femenina, impidiendo en consecuencia alcanzar el potencial de rendimiento esperado. A la vez, los cultivares polinizadores poseen diferentes porcentajes de germinación del polen (10-80%). Por ello, la técnica de polinización asistida mediante formulaciones en seco y líquida puede incrementar los rendimientos, particularmente en zonas bajo condiciones climáticas adversas.

Estudios realizados en España (Cataluña), han evidenciado una inadecuada polinización de los huertos debido a la caída de amentos y escasa elongación de éstos, particularmente en zonas con mayor temperatura con inviernos suaves por falta de horas frío (número de horas bajo 7°C), (Ninot y Mena, 1983). En la zona central de Chile durante la temporada 2015 se observó una caída prematura de los amentos, particularmente del cv Barcelona,

utilizado como principal polinizador de la variedad Tonda di Giffoni (producto de una menor acumulación de horas frío). Dicha situación podría afectar significativamente los rendimientos de los huertos. Más aún si las condiciones climáticas no son favorables para disponer de una cantidad suficiente de amentos y polen de calidad que permita lograr una buena polinización de los árboles. Por ello, bajo condiciones climáticas adversas, la polinización artificial o suplementaria eventualmente podría ser una poderosa herramienta para mejorar la polinización natural de los huertos de avellano europeo.



Foto 7. Árbol del cv Barcelona con escasa disponibilidad de amentos comuna de Curicó, zona central de Chile (30 junio de 2015).

Fuente: INIA Carillanca

12.5.3. Equipos para asperjar formulados en base a polen

Existen equipos tanto para aplicaciones líquidas como medios sólidos. Entre los principales se pueden mencionar los siguientes: centrífuga, neumática, hidroneumática y pulverizadora.

En huertos de menor tamaños se pueden utilizar máquinas pequeñas, operadas manualmente para asperjar formulados sólidos a base de polen.



Foto 8. Máquina manual para asperjar formulados sólidos en base a polen.

Fuente: INIA Carillanca

12.5.4. Equipos para provocar movimiento del polen

En días fríos con elevada humedad, cuando se dificulta el desplazamiento natural del polen hacia las flores femeninas de la variedad principal, es posible recurrir al empleo de atomizadores para provocar movimiento del aire viento artificial, aplicado sobre los cultivares polinizadores. Este método ha permitido mejorar la polinización y el rendimiento de fruto de los árboles de avellano europeo en el sur de Chile.



Foto 9. Equipo para causar movimiento del polen en el aire.

Fuente: INIA Carillanca

Otra posibilidad es el uso de polinización electroestática, cargando el polen con carga positiva (50kV) y aplicado con atomizador.

Por otra parte, para huertos pequeños de 1-2 ha es factible utilizar amentos de cultivares polinizadores genéticamente compatibles con la variedad principal. Se han observado buenos resultados productivos a través del uso de amentos colgados en la parte superior y media de los árboles. Esta técnica ha permitido mejorar la polinización y el rendimiento de fruto de las variedades comerciales de avellano europeo sustancialmente (70%), en particular en huertos jóvenes con poca disponibilidad de polen de los cultivares polinizadores, bajo las condiciones climáticas del sur de Chile (Ellena, 2010; Ellena *et al.*, 2014).



Foto 10. Empleo de amentos para polinización asistida o suplementaria en avellano europeo, Centro Regional INIA Carillanca.

Fuente: INIA Carillanca

Referencias Bibliográficas

Ciesielska, J., Tylus, K., and A. Codles. 1994. Impollinazione supplementare del nocciolo. *Acta Horticulturae* 351:275-281.

Craig, J.L., and A.M. Stewart. 1988. A review of kiwifruit pollination: Where to next?. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 16: 385-399.

Ellena, M. 2010. Polinización y manejo del avellano europeo. *Boletín INIA* N° 202. 88 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional INIA Carillanca, Temuco, Chile.

Ellena, M., y P. Sandoval. 2013. Organografía. p. 27-48. *In* Ellena, M. (ed.) *Avellano Europeo: establecimiento y formación de la estructura productiva*. *Boletín INIA* N° 274. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional INIA Carillanca, Temuco, Chile.

Ellena, M., Sandoval, P., González, A., Galdames, R., Jequier, J., Contreras, M., y G. Azócar. 2014. Preliminary results of supplementary pollination on hazelnut in south Chile. *Proc. VIII Int. Congress on Hazelnut. Acta Hort. (ISHS)* 1052: 121-127.

Franklin, F.C.H., Lawrence, M.J., and V.E. Franklin-Tong. 1995. Cell and molecular biology of self-incompatibility in flowering plants. *International Review of Cytology* 158: 1-64.

Frankel, R y Galun, E. 1997. *Meccanismi di impollinazione, riproduzione, e coltivazione delle piante*. *Monographs on Theoretical and applied Genetics* n°2. Springer-Verlag. Berlin.

Gaten, T. 2000. *Polen is?*. Leído en <http://www.le.ac.uk/biology/research/pollen.htm>.

Germain, E., et J.P. Sarraquigne. 2004. *Le noisetier* CTIFL, Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes. 299p.

Hampson, C.R., Azarenko, A.N., and A. Soeldner. 1993. Pollen-stigma interactions following compatible and incompatible pollinations in hazelnut. *J. American Soc. Hort. Sci.* 118: 814-819.

Heslop-Harrison, J. 1975. Incompatibility and the pollen-stigma interaction. *Ann. Rev. Plant Phys.* 26: 403-425.

Heslop-Harrison Y., Heslop-Harrison, J.S., and J. Heslop-Harrison. 1986. Germination of *Corylus avellana* L. (hazel) pollen: hydration and the function of oncus. *Acta Bot. Neerlandica* 35: 265-284.

Hopping, M.E., and E.M.Jerram. 1979. Pollination of kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch.): stigma-style structure and pollen tube growth. *New Zealand Journal of Botany* 17: 233-240.

Hopping, M.E., and E.M.Jerram. 1980a. Supplementary pollination of tree fruits. I. Development of suspensión media. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 23: 509-515.

Hopping, M.E. 1982. Spray pollination of kiwifruit *New Zealand Agricultural Science* 16: 46-48.

Hopping, M.E.,and L.M.Simpson. 1982. Supplementary pollination of tree fruits. III. Suspension media for kiwifruit pollen. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 25: 245-250.

Hopping, M.E.,and N.J.A. Hacking. 1983. A comparison of pollen application methods for the artificial pollination of kiwifruit. *Acta Hort.* 139: 41-50.

Hughes, M.B.,and E.B.Babcock. 1950. Self-incompatibility in *Crepis foetida* (L.) subsp. *Rhoedifolia*. *Genetics* 35: 570-588.

Knox, R.B. 1984. The pollen grain: *In Embryology of Angiosperms*. ed. B.M. John.p.197-271. Springer Verlag, New York, USA.

Marcucci, M.C., Ragazini, D., and S. Sansavini. 1984. The effects of gamma-rays and laser rays on the functioning of apple pollen in pollination and mentor experiments. *J. Hort. Sci.* 59: 57-62.

Matton, D.P., Nass, N., Clarke, A.E.,and E. Newbigin. 1994. Self incompatibility: how plants avoid illegitimate off spring. *Proc. Natl. Acad. Sci USA*, 91(6):1992-1997.

Me, G., Radicati, L.,Vallania, R.,Miaja, M.L.,Valentini,N., and G. Pancheri. 2000. Research on the genetics of incompatibility in *Corylus*. *Acta Hort.* 538: 477-481.

Mehlenbacher, S.A. 1997. Testing compatibility of hazelnut crosses using fluorescence microscopy. *Acta Hort.* 445:167-171.

Mehlenbacher, S.A. and M.M. Thompson. 1998. Dominance relationships among S- alleles in *Corylus avellana* L. *Theor. Appl. Genet*; 76: 669-72.

Nasrallah, J.B; T.H. Kao, M.L. Goldberg and M.E. Nasrallah. 1985. A cDNA clone encoding an S-locus specific glycoprotein from *Brassica oleracea*. *Nature*, 318: 263-7.

Ninot, J e J. Mena. 1983. Pollinisation et Productivite Du Noisetier Au Camp De Tarragona. Convegno Internazionale sul Nocciolo Avelino, Italia p. 341-345.

Reginato, G., Martin, R., y J.L. Camus. 1992. Incidencia de la polinización anemófila y polinización manual suplementaria sobre el tamaño del fruto del kiwi. Investigación Agrícola (Chile) Vol. 15 (1 - 2): 7-17.

Roversi. A. 2007. Aspetti agronomici e varietali della coltivazione del nocciolo. Notiziario Tecnico N° 75, CRPV. p.29-33.

Silva, N.F., Chrite, S.I., Sulaman, W., Nazarian, K.A.P., Burnett, L.A., Arnoldo, M.A., Rothstein, S.J., and D.R.Goring. 2001. Expression of the S receptor kinase in self-incompatibility Brassica napus cv. Westar leads to the allele-specific incompatible Brassica napus pollen. Mol. Gent. Genom. 265: 552-559.

Strasburger, E. 1994. Tratado de Botánica. 1088 p.8ª edición. Omega, Barcelona, España.

Seiler, G., and M.Olson. 1999. Pollen germination of wild sunflower species. Tektran, Agricultural Research Service, <http://www.nal.usda.gov//ttic/tektran>.

Stein, J.C.,Howlett, B.Boyes, D.C.,Nasrallah, M. E., and J.B. Nasrallah. 1991. Molecular cloning of a putative receptor protein kinase gene encoded at the self-incompatibility locus of *Brassica oleracea*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 88: 8816-8820.

Takassaki, T., Hatakeyama, K., Suzuki,G., Watanabe, M., Isogai, A., and K. Hinata. 2000. The S receptor kinase determine self-incompatibility in *Brassica stigma*. Nature, 403: 913-916.

Tatsayana, S.,and A. Isogai. 2003. Molecular mechanism of self-recognition in *Brassica* self- incompatibility. J. Exp. Bot. 54:149-156.

Testolin, R. Costa, G. e Bassi, R- 1990. Impollinazione e qualità dei frutti nell´actinidia. Rivista di Frutticoltura 10: 27-35.

Thompson, M.M. 1979. Genetics of incompatibility in *Corylus avellana* L. Theor. Appl. Genet.54: 113-116.

Thompson, M.M. 1979. Incompatibility alleles in *Corylus avellana* L.cultivars. Theor. Appl. Genet. 55: 29-33.

Thompson, M.M., Lagerstedt, H.B., and S.A. Mehlenbacher. 1996. Hazelnut. p.125-184. *In* Janick, J., and J.N. Moore (eds.) *Fruit Breeding*, Vol. 3. Nuts. John Wiley and Sons, New York, USA.

Vicol, A., Botu, I., Botu, M., and A. Giorgiota. 2009. Preliminary study of incompatibility alleles expressed in pollen of Romanian hazelnut cultivars. *Bulletin UASVM Cluj-Napoca. Horticulture* 66 (1): 480-483.