



Polinización del cultivo de kiwi

Compiladoras:
María Ángela David
Alejandra Yommi
Analía Martínez

Polinización del cultivo de kiwi

Compiladoras:
María Ángela David
Alejandra Yommi
Analía Martínez

*Centro Regional
Buenos Aires Sur*



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria
Argentina

SERIE BREVES

634.6 Polinización del cultivo de kiwi / compiladoras: María Ángela David,
P75 Alejandra Yommi, Analía Martínez. – Buenos Aires : Ediciones INTA;
Centro Regional Buenos Aires Sur, 2025.
54 p. : il. (en PDF). – (Serie breves / INTA)

ISBN 978-987-679-390-2 (digital)
i. David, María Angela. ii. Yommi, Alejandra. iii. Martínez, Analía.
Kiwi (fruta) – Cultivo – Polinización – Buenos Aires
DD-INTA

Agradecimiento

Agradecemos la colaboración del productor Laureano Goycoa, por permitirnos realizar en su plantación los ensayos descriptos en este texto y por facilitarnos parte de las fotos que figuran en el trabajo. También agradecemos a los asesores técnicos Matías Vallo y Mauro Briguglio.

Diseño

Área de Comunicación Visual
Gerencia de Producción Multimedia
Coordinación Nacional de Comunicación Institucional

Esta publicación es resultado del financiamiento otorgado por el Estado Nacional, por lo tanto, queda sujeto al cumplimiento de la Ley N° 26.899. Además, como parte del catálogo institucional, ha sido avalado por el Comité Editorial de INTA.



AUTORES

MARÍA ÁNGELA DAVID

Ing. Agrónoma (Msc.)
Estación Experimental Agropecuaria
Balcarce (INTA)
david.maria@inta.gob.ar

ALEJANDRA YOMMI

Ing. Agrónoma (Dra.)
Estación Experimental Agropecuaria
Balcarce (INTA)
yommi.alejandra@inta.gob.ar

JORGE LOZANO MIGLIOLI

Ing. Agrónomo
Estación Experimental Agropecuaria
Balcarce (INTA)
lozanomiglioli.jorge@inta.gob.ar

ANALÍA MARTÍNEZ

Lic. Apicultura
Estación Experimental Agropecuaria
Balcarce (INTA)
martinez.analia@inta.gob.ar

ALEJANDRA PALACIO

Ing. Agrónoma (Dra.)
Facultad de Ciencias Agrarias
(UNMdP) y exagente de la
Estación Experimental Agropecuaria
Balcarce (INTA)
mariaalejandrapalacio@gmail.com

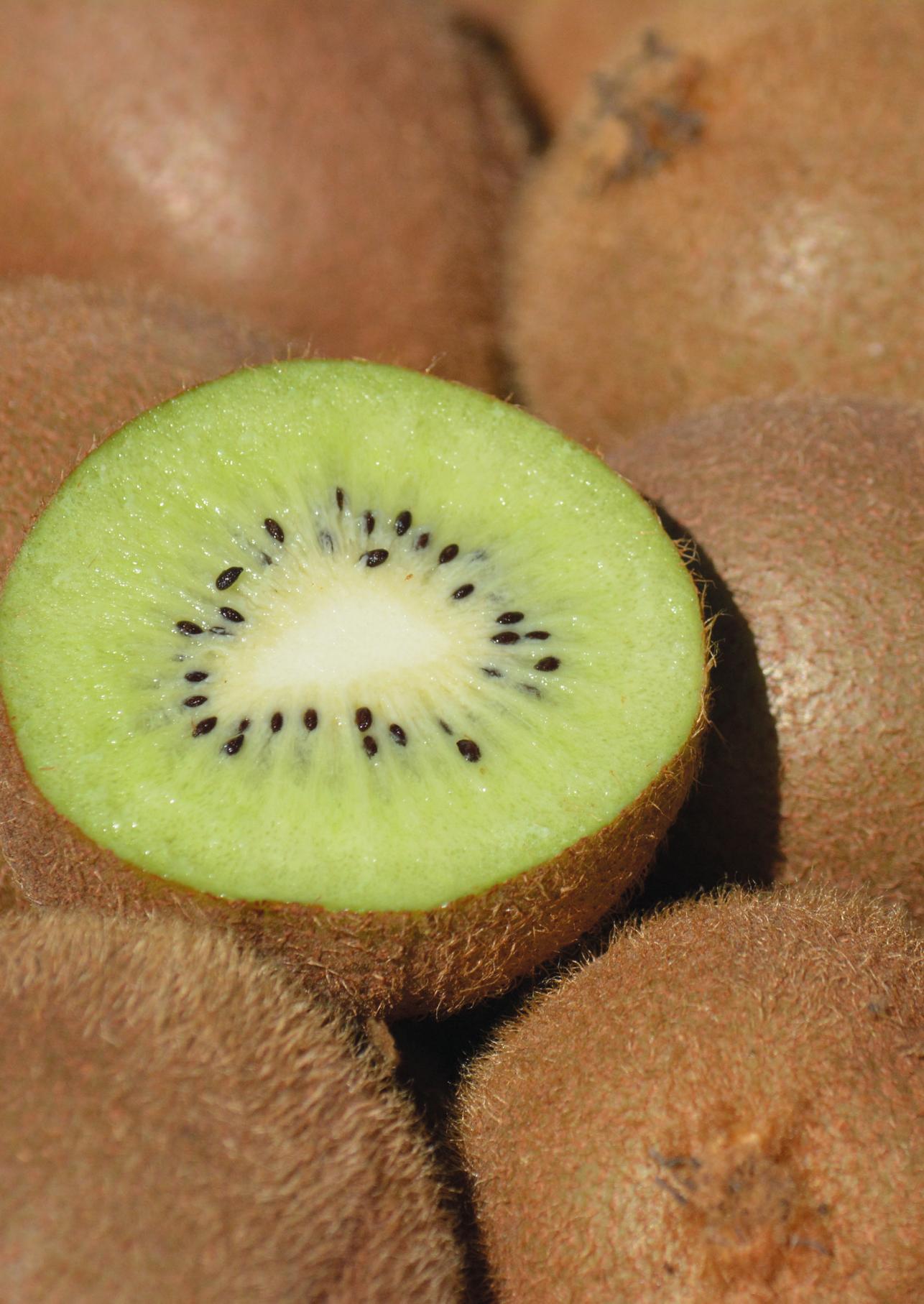
OLGA MARCELLÁN

Lic. Genética (Dra.)
Facultad de Ciencias Agrarias
(UNMdP)
omarcellan@mdp.edu.ar



CONTENIDO

■	PRÓLOGO	7
■	INTRODUCCIÓN	9
■	CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE IMPORTANCIA DE LA POLINIZACIÓN	11
–	Métodos de polinización	14
	<i>Polinización con abejas</i>	16
	<i>Polinización con abejorros</i>	21
	<i>Polinización artificial</i>	24
–	Cultivares polinizadores de kiwi	36
–	Evaluación de métodos de polinización en kiwi en el sudeste de la provincia de Buenos Aires	39
■	CONCLUSIONES	47
■	BIBLIOGRAFÍA	49



PRÓLOGO

*El cultivo de kiwi se ha convertido en la producción frutícola más importante del sudeste bonaerense. Las condiciones agroclimáticas de la zona son óptimas para su producción. Las horas de frío cubren ampliamente los requerimientos del cultivo, dado que el kiwi de pulpa verde *Actinidia chinensis* var. *deliciosa* cv. *Hayward* necesita entre 950 y 1.200 horas para tener una buena brotación y floración.*

La humedad relativa de la zona es alta, superior al 75 %, lo cual está relacionado con la cercanía al mar. Es por ello que los climas marítimos favorecen el desarrollo del cultivo. Por una parte, el sudeste bonaerense presenta una gran amplitud térmica, en la que se destacan noches frescas que reducen la respiración de la fruta favoreciendo la acumulación de materia seca, e incrementando así su calidad. Por otra parte, los suelos de la zona presentan un gran contenido de materia orgánica, superior al 6 %, lo que también favorece la acumulación de materia seca en los frutos. Las condiciones de clima y suelo mencionadas permiten obtener rendimientos de 30 a incluso 50 t/ha acompañados de una excelente calidad organoléptica de la fruta, con contenidos de materia seca superiores al 16 % que incrementan su potencial de almacenamiento y sabor. Como consecuencia, el kiwi del sudeste comienza a ser reconocido y solicitado en los mercados externos, tanto europeos como latinoamericanos.

El incremento de la demanda internacional, los precios atractivos y la demanda del mercado interno aún no satisfecha generan condiciones para un crecimiento del área productiva, que ha sido sostenido durante los últimos 20 años. No obstante, aún queda mucho potencial para desarrollar.

Con el paso de los años, los productores del sudeste bonaerense han adquirido experiencia en las técnicas y procesos relacionados tanto a la producción como a la cosecha y poscosecha. Entre los procesos productivos, la polinización es uno de los más importantes, porque su eficiencia define la producción del año, determinando el número y tamaño de los frutos producidos.

Este documento describe las diferentes alternativas de polinización, acompañadas con resultados de experiencias realizadas con los productores en el territorio. Además, relaciona los distintos métodos de polinización con la escala productiva más adecuada para su aplicación.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de kiwi (Actinidia chinensis var. deliciosa cv. Hayward) presenta gran importancia en la zona del sudeste de la provincia de Buenos Aires. Actualmente se produce principalmente en el área que abarca el Paraje El Dorado, Sierra de los Padres, Mar del Plata, Batán, Miramar, extendiéndose al norte hasta Macedo, en General Madariaga. Incluye los partidos de Gral Pueyrredón, Gral Alvarado, Mar Chiquita y Gral Madariaga (Yommi et al., 2023). Además, hay algunas pequeñas plantaciones en el partido de Balcarce. Esta zona abarca poco más del 50 % del área cultivada del país, 700 ha, según estimaciones recientes. La superficie restante dedicada a kiwi, de aproximadamente 300 ha más, se encuentra en el norte y noreste de la provincia de Buenos Aires (en los partidos de La Plata, San Pedro y Baradero) (David et al., 2022a) y en menor medida, en pequeñas producciones ubicadas en las provincias de Córdoba, Entre Ríos y Tucumán.

Adicionalmente, hay una superficie potencial de producción, que por su cercanía al mar y condiciones agroclimáticas similares a las del sudeste de la provincia de Buenos Aires, también podría destinarse a la producción de kiwi. Estos son los partidos de Lobería, Necochea, San Cayetano y Tres Arroyos (Figura 1) (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2022).

Este cultivo requiere de algunas prácticas que resultan críticas en la producción. Entre ellas, la polinización es clave, ya que determinará el tamaño, forma y número final de frutos cosechados.

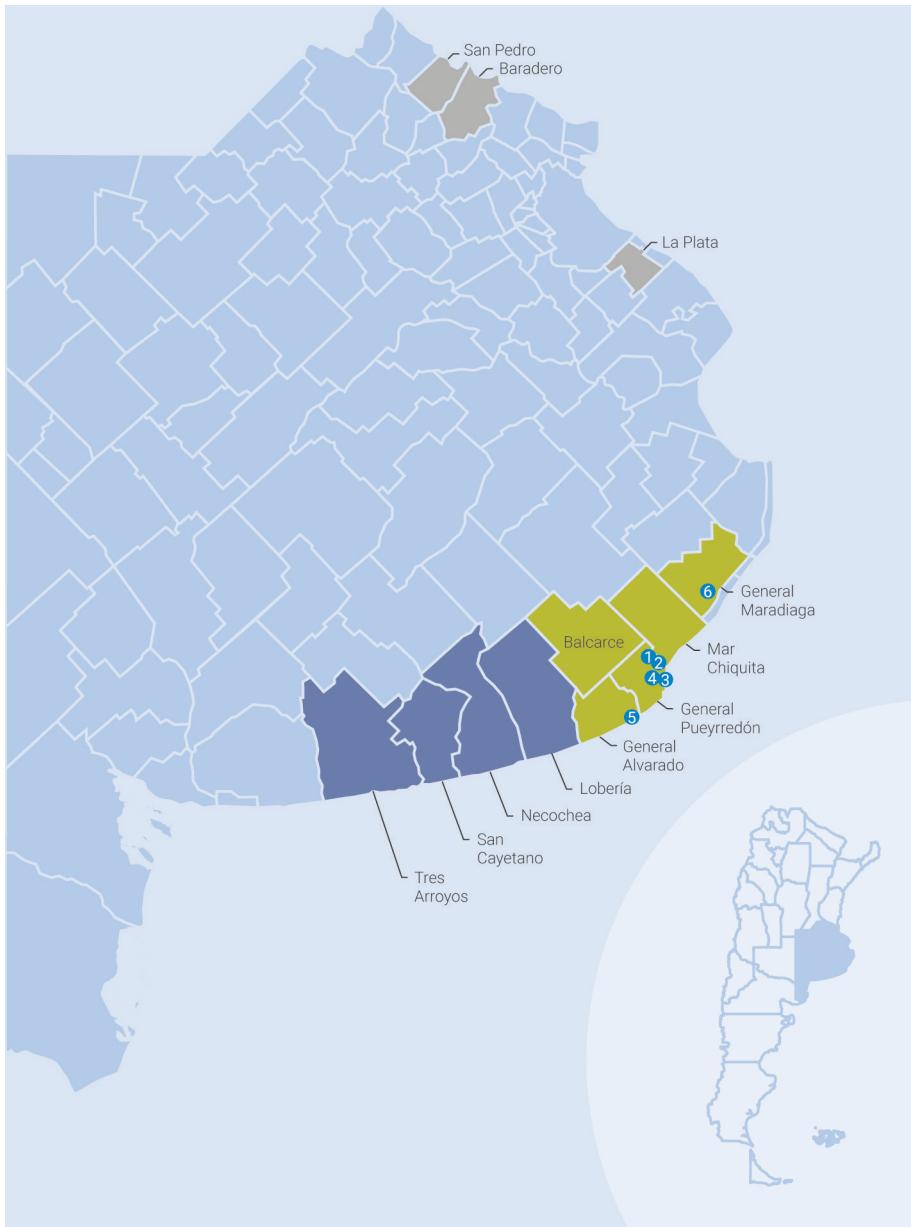


Figura 1. Mapa político de la provincia de Buenos Aires. Los partidos de color verde constituyen el sudeste de la provincia, mientras que los de color gris refieren al norte y noreste, ambos refieren a las zonas donde actualmente se produce kiwi. Los círculos de colores en los partidos del sudeste hacen referencia a las principales localidades en donde se produce kiwi: Paraje El Dorado (1), Sierra de los Padres (2), Mar del Plata (3), Batán (4), Miramar (5) y Macedo (6). Los partidos de color violeta constituyen una zona potencial en donde podría producirse este cultivo. Fuente: María Ángela David.

CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE. IMPORTANCIA DE LA POLINIZACIÓN

El kiwi de pulpa verde (*Actinidia chinensis* var. *deliciosa* Liang & Ferguson) es una especie diclino dioica (Ferguson, 2007), es decir, que los sexos están separados (las flores son femeninas o masculinas) y solo un tipo de estas flores se encuentran en cada planta, existiendo plantas masculinas productoras de polen, y plantas femeninas productoras de frutos (Broussard y Pattermore, 2023). Cada flor femenina está constituida por un pistilo, el cual está formado por numerosos estigmas y estilos y por un ovario que contiene carpelos con gran cantidad de óvulos. A su vez, posee estambres que carecen de polen (Figura 2 A). Cada flor masculina, en cambio, posee numerosos estambres que producen polen viable, un pistilo cuyo ovario está atrofiado y carece de estilos y estigmas (Figura 2 B) (Costa et al., 1993). La principal diferencia entre una flor femenina y una masculina es que la primera tiene los estilos y estigmas blancos bien visibles. Otra diferencia, aunque menos notoria a simple vista, es que los estambres de la flor femenina son de un color amarillento, mientras que los de la flor masculina son anaranjados (Comité del kiwi, 2010).

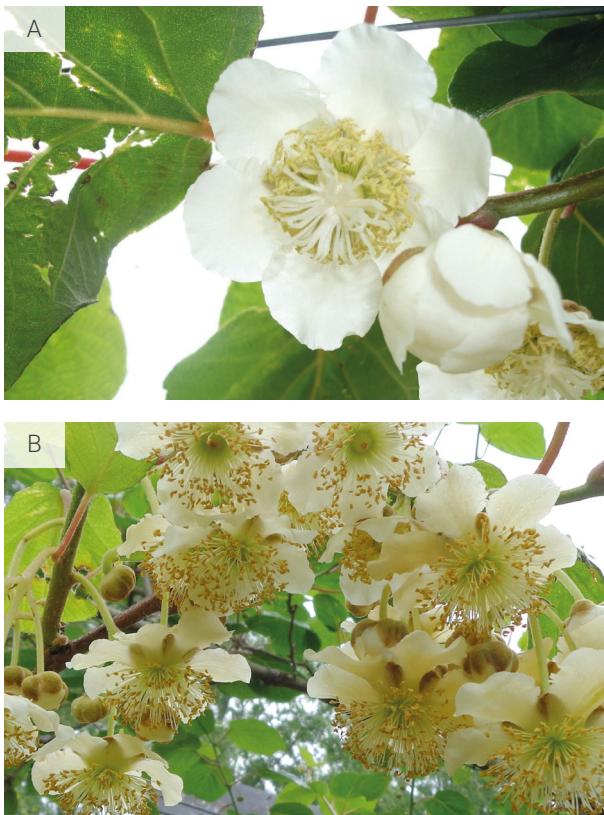


Figura 2.

A. Flor femenina;
 B. Flor masculina de kiwi.
 Fuente:
 Alejandra Yommi.

La polinización es el primer proceso que se debe dar para que se pueda formar el fruto. Durante este, el polen de una o más flores masculinas ingresa a los estigmas de la flor femenina. Cada grano de polen germina en el estigma formando el tubo polínico, penetra a través del estilo y finalmente fecunda un óvulo del ovario. Cuantos más granos de polen ingresen a las flores femeninas, más cantidad de óvulos serán fecundados (González *et al.*, 1996). Posteriormente, esos óvulos se convierten en semillas y el ovario multicarpelar se transforma en la estructura que contiene y protege esas semillas, constituida por un epicarpio (cáscara, piloso), mesocarpio (tejido medio, carnoso, pulpa), endocarpio (tejido interno, que también es carnoso e integra la pulpa) y columela (tejido central interno, de color blanco, más firme, originado a partir de los bordes internos de los numerosos carpelos, que se sueldan) (Figura 3). Así se forma el fruto de kiwi, denominado botánicamente baya (Esau, 1993).

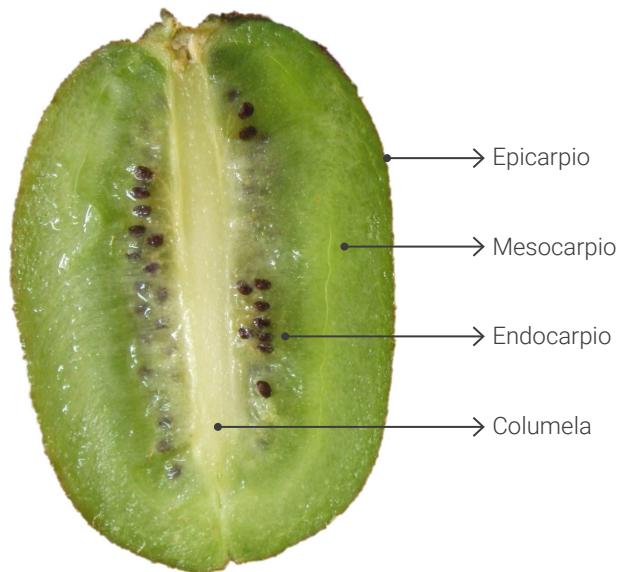


Figura 3. Corte longitudinal del fruto de kiwi mostrando los tejidos que lo componen.
Fuente: María Ángela David y Alejandra Yommi con base en Esau, 1993.

El tamaño final del fruto se relaciona estrechamente con el número de semillas u óvulos fecundados (Clinch, 1984; Costa *et al.*, 1993). Se necesitan aproximadamente 1.000 semillas para obtener un fruto de 100 g de peso (Hopping, 1976; Testolin, 1991), y resulta necesario que muchos granos de polen provenientes de las flores masculinas alcancen cada flor femenina para lograr frutos de un tamaño aceptable para la comercialización. Esto convierte a la polinización en un proceso clave, ya que las flores que producen polen se encuentran espacialmente y hasta a veces temporalmente separadas de las flores femeninas que darán fruto, existiendo cierta asincronía entre la floración de estas (David *et al.*, 2018). Según el cultivar masculino, las flores que producen polen suelen abrirse unos días antes que las flores de las plantas femeninas (del cultivar Hayward), lo cual es un factor importante para considerar. A esto se suma que la floración del cultivo en el sudeste de la provincia de Buenos Aires se extiende alrededor de 10 días a mediados de noviembre, por lo que se debe asegurar una buena polinización en ese corto periodo (David *et al.*, 2020).

Por una parte, la polinización natural a través del viento o anemófila no es suficiente para obtener un fruto de tamaño adecuado (Testolin *et al.*, 1991; Costa *et al.*, 1993; González *et al.*, 1998). Por otra parte, existen diferentes insectos que contribuyen a la polinización del kiwi naturalmente (Miñarro y Twizell, 2015), pero en general su presencia en los cultivos tampoco es suficiente para asegurar una adecuada polinización (Klein *et al.*, 2007). Es por ello que es necesario introducir colmenas comerciales de *Apis mellifera* o *Bombus pauloensis*, o polinizar el cultivo de manera artificial.

Métodos de polinización

La polinización se ha convertido en una práctica indispensable para el kiwi, de la cual dependerá el éxito de la producción (David *et al.*, 2021). En el mundo se utilizan diferentes métodos de polinización (Figura 4). Por una parte, la polinización mediante insectos, también denominada entomófila, se realiza frecuentemente en las plantaciones de kiwi. Los insectos más utilizados son las abejas melíferas (*Apis mellifera*), aunque también se ha comprobado la eficiencia de los abejorros *Bombus pauloensis* (David *et al.*, 2018). La polinización con abejas es muy utilizada en las plantaciones de kiwi de Chile (Comité del kiwi, 2010) y Nueva Zelanda (David *et al.*, 2022b; Broussard y Pattermore, 2023).

Otro método importante es la polinización artificial, en la cual solo interviene el hombre, y puede ser mecánica o manual. La primera consiste en utilizar maquinaria para aplicar el polen directamente sobre las flores femeninas (método seco) o pulverizando una solución que lo contenga sobre estas (método húmedo). Este tipo de polinización es muy utilizada en Italia (Testolin y Ferguson, 2009; David *et al.*, 2022b). Otro método de polinización artificial mecánica es a través de “véntolas”, que consisten en grandes estructuras (una especie de ventiladores) que generan viento en los lotes y hacen que el polen de las plantas masculinas circule y se facilite su llegada a las flores femeninas. Este método también es muy utilizado en Italia.

Por otra parte, la polinización manual es realizada directamente por el productor, quien aplica el polen de manera directa con el método seco o mezclado en una solución con el método húmedo. La polinización manual es muy utilizada en Nueva Zelanda (David *et al.*, 2022b).

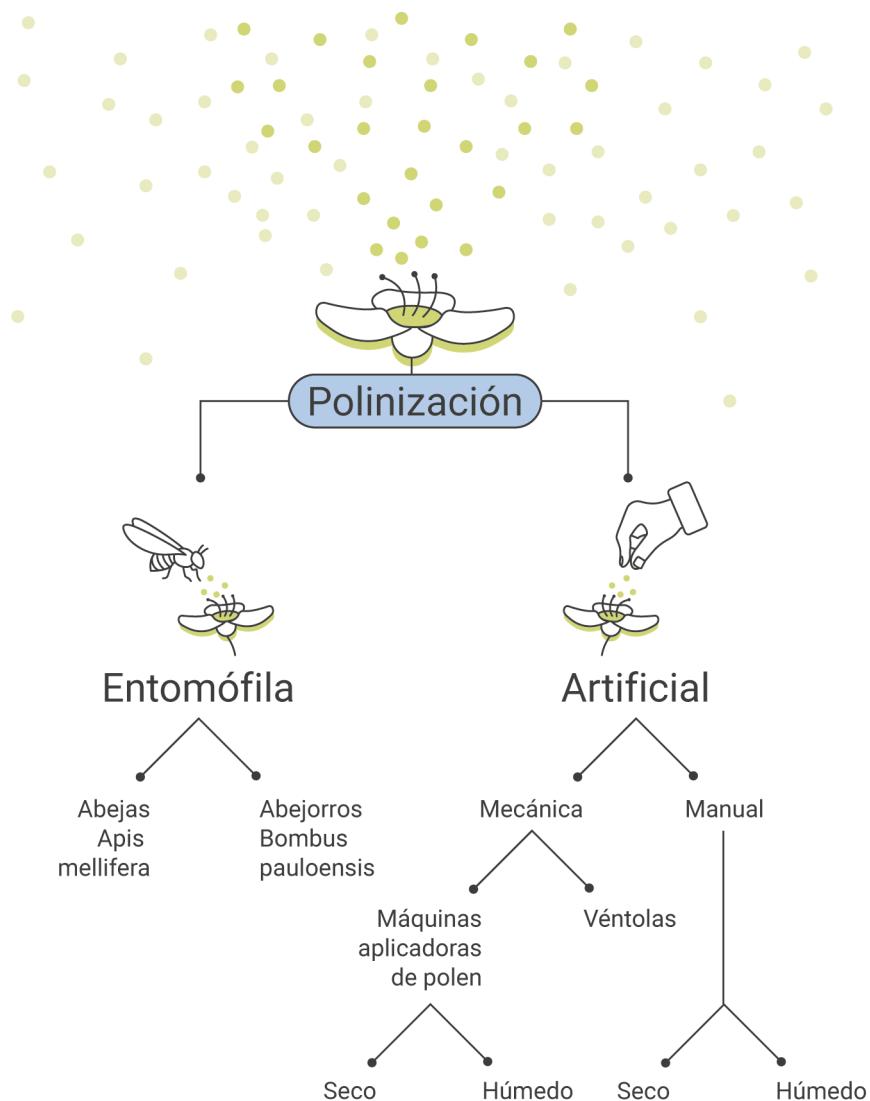


Figura 4. Clasificación de los métodos de polinización en kiwi.

Fuente: María Ángela David.

Polinización con abejas

La polinización con abejas melíferas (Figura 5) es compleja, ya que la flor de kiwi no produce néctar y no es atractiva para estas (Testolin y Ferguson, 2009). Las abejas, durante el pecoreo, recolectan polen y néctar. El primero les provee las proteínas que necesitan para el desarrollo de las crías, siendo además la fuente para la formación de estructuras y sustancias de reserva en las abejas adultas. El néctar provee los azúcares (hidratos de carbono) que necesitan para obtener energía y poder así moverse, volar, generar calor, producir cera y miel. Al no producir néctar las flores de kiwi, las abejas melíferas tienden a preferir otras flores, tanto de otros cultivos como de malezas. Esta situación requiere de un manejo específico de las colmenas que ingresan al kiwi para lograr una polinización eficiente (Atela, 2019).



Figura 5. Abeja melífera en una flor femenina.

Fuente: Analía Martínez.

En los 90, los principales países productores de kiwi polinizaban solo con abejas melíferas, pero los resultados no siempre eran los deseados, obteniendo en muchos casos frutos de pequeño tamaño por un manejo inadecuado de las colmenas en relación con este cultivo (David *et al.*, 2022b). Con el paso de los años, se fue investigando el modo de incrementar la eficiencia de la polinización con estos insectos, para verlo reflejado en el tamaño final de los frutos. Se ha evaluado la alimentación de las colmenas con jarabe azucarado (Goodwin, 1986), el número adecuado de colmenas/ha (Howpage *et al.*, 2001), el manejo del lote en relación con la flora competitiva (Barbattini y Greatti, 2008), y la distribución de las colmenas en este (Foundation for Arable Research, 2012). Los resultados obtenidos hasta el momento permiten sugerir una serie de recomendaciones.

Las colmenas (tipo Langstroth) deberán ingresar al cultivo con colonias bien pobladas, con al menos 8 cuadros cubiertos con abejas melíferas y reinas jóvenes (de menos de un año) (Mueller, 2011). Se deberán introducir al lote en forma escalonada para mantenerlas bien pobladas durante todo el periodo de floración. El ingreso del primer grupo se debe realizar al 20 % de floración, y la otra mitad, al 60 % (Atela, 2019).

Las colmenas deberán contar con un alimentador que permita suministrar alimento energético para suplir la ausencia de néctar en las flores de kiwi. Para la alimentación energética se sugiere utilizar jarabe de sacarosa al 66 % o jarabe de maíz de alta fructosa al 55 %. Se han obtenido buenos resultados suministrando 750 ml de jarabe antes de introducir las colmenas en el lote, y otros 750 ml cada 3 días mientras dure la floración (Atela, 2019).

Además de la preparación previa de las colmenas, para lograr una polinización eficiente en kiwi utilizando abejas melíferas se debe seguir un protocolo adecuado de manejo, que promueva las visitas de estos insectos a las flores tanto masculinas como femeninas. Las colmenas se deben distribuir uniformemente en el lote y debajo de las plantas masculinas (Foundation for Arable Research, 2012, Figura 6). El lote más adecuado para la polinización entomófila debe estar cerrado al exterior, rodeado por cortinas rompevientos artificiales.

les de malla de polietileno monofilamento y cubierto por un techo sin espacio entre franjas o de hasta 10 cm, del mismo material (Figura 7). Una mayor abertura en el techo, distribuir las colmenas fuera o en las cabeceras del lote y la presencia de flora competitiva en este favorece que las abejas melíferas se escapen o se dispersen al verse atraídas por otras flores (Atela, 2019).



Figura 6. Distribución uniforme de colmenas en el lote y debajo de las plantas masculinas.
Fuente: María Ángela David.



Figura 7. Lote de kiwi cubierto por un techo de malla de polietileno monofilamento sin espacio entre franjas. Fuente: Alejandra Yommi.

El número de colmenas requerido en un lote dependerá de la distribución de plantas masculinas que tenga este. Cuando el porcentaje de plantas masculinas es inferior al 15 %, se sugiere una densidad de 15 colmenas/ha para mejorar la distribución del polen en el lote con una mayor presencia de abejas. Con porcentajes de plantas masculinas superior al 20 se considera que 10 colmenas/ha serían suficientes para lograr una correcta polinización (Atela, 2019).

Cabe destacar que el costo del servicio de polinización depende de la cantidad de colmenas que se requiera, por lo que si se planea realizar la polinización con abejas melíferas será importante prever un mayor número de plantas masculinas al momento de diseñar el sistema de plantación en el lote.

Los principales países productores de kiwi del mundo solían tener un 11 % de plantas masculinas (Testolin y Ferguson, 2009; Comité del kiwi, 2010), por lo que las nuevas plantaciones se realizan considerando un porcentaje mayor (15-17 %), e incluso algunos incorporaron

la distribución “Strip Male”, en la que se alternan filas de plantas masculinas con las filas femeninas (David *et al.*, 2022b). Todo ello con el fin de favorecer la polinización con abejas melíferas sin incrementar el número de colmenas, y no aumentar así los costos.

También, si se planea polinizar con abejas es conveniente considerar qué cultivares masculinos plantar al momento de diseñar el lote, ya que pueden diferir en la cantidad y calidad de polen que producen y como se mencionó anteriormente, según el que se seleccione será su sincronización respecto a la floración femenina (Marcellán *et al.*, 2018).

Otras consideraciones que se deben tener en cuenta al momento de polinizar solo con abejas melíferas es que su eficiencia depende en gran medida de las condiciones climáticas, ya que la actividad de estos insectos está influenciada por la temperatura y las precipitaciones. En este sentido, las temperaturas entre 20 y 25 °C son las óptimas para promover la actividad de estos insectos (Fischer *et al.*, 2009), aunque entre los 16 y 30 °C también hay un buen desempeño de las pecoreadoras. Cuando la temperatura disminuye por debajo de los 10 °C, la actividad de las abejas melíferas se detiene (British Columbia Ministry of Agriculture, 2012), con la consiguiente reducción de la eficiencia de polinización. A su vez, las precipitaciones también reducen la actividad de estas (Arias-Suárez *et al.*, 2014). Todo esto hace que la polinización solo con abejas melíferas presente un riesgo, porque si el clima no es favorable durante los 10 días que dura la floración de kiwi, la producción de frutos se verá seriamente comprometida.

La mayoría de los productores combina este método de polinización con la artificial de tipo manual, para evitar este riesgo. Sin embargo, se debe considerar que esto incrementa los costos de producción, ya que se necesita más mano de obra, y comprar polen en caso de que el producido no sea suficiente para aplicar manualmente.

Polinización con abejorros

Los abejorros del género *Bombus* también han mostrado ser eficientes como polinizadores (Maeta *et al.*, 2009; Sharma *et al.*, 2013). En Argentina está prohibida la importación de estos insectos, pero se ha ajustado la cría en confinamiento de una especie nativa de abejorro, *Bombus pauloensis*, que es utilizado para la polinización de varios cultivos, incluido el kiwi (Figura 8).



Figura 8. *Bombus pauloensis* sobre una flor masculina de kiwi.

Fuente: Analía Martínez.

Bombus presenta una serie de características que lo harían más eficiente en la polinización de kiwi respecto a *Apis*. Tolera mejor las condiciones climáticas desfavorables, pecoreando aún con precipitaciones (Pomeroy y Fisher, 2002). Es activo a menores temperaturas que la abeja melífera (Lee *et al.*, 2016; Miñarro y Twizell, 2015), volando aun por debajo de los 10 °C, y también tolera mayores temperaturas, superiores a 40 °C. A su vez, es activo más temprano y más tarde en el día comparado a las abejas (Maeta *et al.*,

2009; Broussard *et al.*, 2022). Le resulta más fácil volar con la escasa luminosidad (Lee *et al.*, 2016; Karbassioon *et al.*, 2023) de los techos y mallas, y su mayor tamaño le permite transportar mayor cantidad de polen y depositar más polen por visita (Willmer *et al.*, 1994; Miñarro y Twizell, 2015; Broussard *et al.*, 2022). Este insecto vibra cuando entra en contacto con las flores estaminadas (King y Ferguson, 1994; Broussard y Pattermore, 2023), haciéndoles expulsar la totalidad del polen de las anteras ya que las mismas son poricidas y presentan dehiscencia apical. Se ha observado que el abejorro visita un mayor número de plantas y flores en el tiempo (Maeta *et al.*, 2009), logrando un mayor grado de cruzamiento entre flores masculinas y femeninas (Pomeroy y Fisher, 2002; Lee *et al.*, 2019).

Debido a estas características que hacen al abejorro más eficiente en la polinización del kiwi, no se requiere el ingreso de las colonias en forma escalonada al lote. Estas se introducen al 20 % de floración. Sin embargo, hay que tener en cuenta que las colmenas deben colocarse protegidas bajo refugio para protegerlas de la lluvia y la humedad, debido al material del cual están hechas (Figura 9). También esta especie requiere, al igual que las abejas melíferas, de un suplemento azucarado para suplir el néctar que no produce la flor de kiwi. En algunos casos, quienes ofrecen el servicio de polinización con abejorros los instalan en colmenas que cuentan con un sistema en el que no se necesita colocar el jarabe varias veces, sino que se coloca una vez en mayor cantidad y así alcanza para todo el periodo de floración. Otro aspecto para tener en cuenta es que también se debe mantener el suelo vegetado, pero libre de malezas florecidas para que los abejorros no se vean atraídos a la flora competitiva. Sin embargo, su atracción es menor respecto a las abejas melíferas (Pomeroy y Fisher, 2002). Se recomienda colocar 10 colmenas/ha.

Los abejorros no son utilizados masivamente para polinizar kiwi por su alto costo, ya que la reproducción de estos insectos se realiza en forma controlada y limitada a pocas empresas, mientras que la disponibilidad de apicultores en condiciones de ofrecer el servicio de polinización con abejas melíferas es mucho mayor. Algunos productores presentan resistencia a trabajar con *Bombus spp.* por su

comportamiento defensivo, pero se han adaptado las colmenas con sistemas especiales que limiten su salida cuando se realizan prácticas en el cultivo (Figura 10).



Figura 9.

Colmena de *Bombus* protegida bajo refugio.
Fuente: Analía Martínez.



Figura 10.

Ingreso de la colmena de *Bombus* spp. Según hacia dónde se abra la puerta de ingreso, se habilita la entrada o salida de los abejorros.

A. Solo entran, pero no pueden salir.

B. No entran ni salen.

C. Pueden tanto entrar como salir.

En la figura está habilitada la opción C. Fuente: Analía Martínez.

Polinización artificial

Dado que este método de polinización es realizado por el productor de manera manual o mediante maquinaria, el polen para utilizar deberá ser extraído con anticipación, incluso en temporadas anteriores. Por lo tanto, es necesario que el polen sea de excelente calidad y se conserve en óptimas condiciones hasta el momento de la polinización.

Obtención del polen, calidad y conservación

El polen se puede comprar o extraer de las plantas masculinas ubicadas en la plantación. Algunos productores, incluso, suelen tener una superficie plantada con plantas “macho” exclusivamente para obtener el polen necesario para polinizar las plantas femeninas de los lotes en producción. La extracción de polen puede realizarse mediante la cosecha de flores masculinas cuando están apenas abriendo. En este caso, lo que se hace en primer lugar es utilizar una máquina para separar las anteras del resto de la flor masculina (Figura 11). Las flores masculinas cosechadas son colocadas en la bandeja de ingreso (Figura 11 A), suben por el canal (Figura 11 B) y luego se dirigen hacia el rolo (Figura 11 C), que va girando y produce un efecto de centrifugación, a partir del cual se separan las anteras de las flores. Luego, las anteras extraídas se secan en un horno a 30 °C durante 24 h (Figura 12). Finalmente, se aspira el polen con una aspiradora especial (Figura 13, King y Ferguson, 1991; Broussard *et al.*, 2023).

También el polen puede obtenerse mediante aspiración directamente en el campo (Figura 14, King y Ferguson, 1991; Broussard *et al.*, 2023) utilizando dispositivos específicos cuando las flores masculinas se encuentran totalmente abiertas. En cualquier caso, la extracción deberá realizarse previamente al inicio de floración de las plantas femeninas.

Los productores que tienen plantaciones de gran tamaño, de 20 ha y más, suelen combinar los dos tipos de extracción, de manera que se complementen y puedan extraer así el polen de todas las flores masculinas de los lotes en el corto tiempo de su floración.



Figura 11.

Máquina que separa las anteras del resto de la flor masculina.

A. Bandeja de ingreso.

B. Canal por donde las flores se conducen hacia el rolo desde la bandeja de ingreso.

C. Rolo que gira y rompe las flores, separando las anteras del resto.

Fuente: Laureano Goycoa.



Figura 12. Horno con bandejas extraíbles para secar las anteras de las flores masculinas. Fuente: Jorge Lozano Miglioli.



Figura 13. Aspiradora para extraer polen luego del secado de las anteras. Fuente: Jorge Lozano Miglioli.



Figura 14. Extracción de polen de las flores masculinas mediante aspiración. Fuente: Alejandra Yommi.

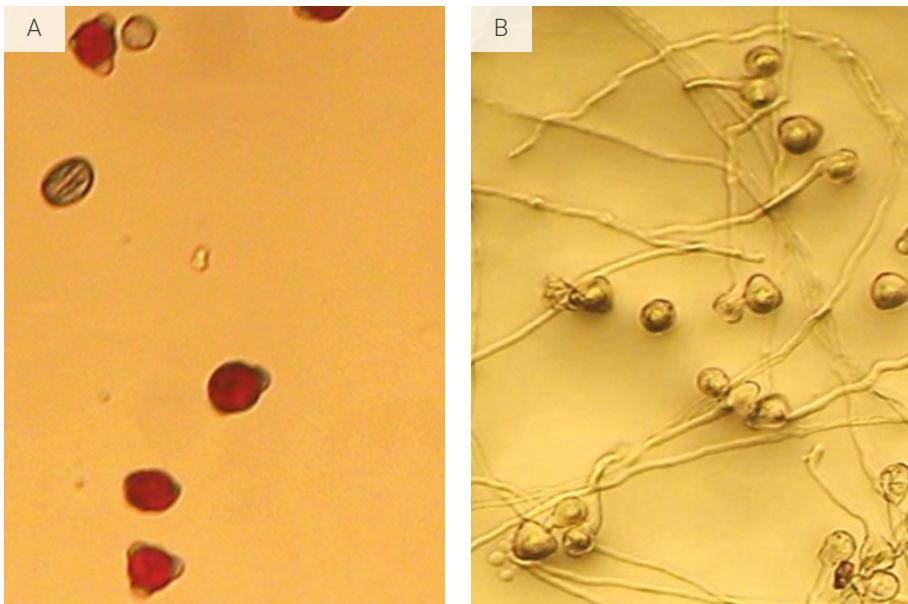


Figura 15. Estimación de la viabilidad de polen mediante A. Tinción (los granos de polen que poseen citoplasma vivo se tiñen diferencialmente); B. % de germinación *in vitro* en medio sólido. Fuente: Olga Marcellán.

En cualquier caso, es clave la calidad del polen obtenido para la polinización. En este sentido, la viabilidad del polen, definida como la capacidad de los granos de polen para germinar sobre el estigma, es una característica fundamental. En el sudeste bonaerense se han realizado estimaciones de viabilidad de polen por tinción y germinación *in vitro* en medio sólido, registrando valores superiores al 95 %, correspondiente a una excelente calidad (Figura 15, Peterson *et al.*, 2010; Marcellán *et al.*, 2018).

Para no afectar la viabilidad del polen fresco, una vez extraído se debe almacenar en frío hasta el momento de la polinización. Si el polen va a ser aplicado en el transcurso de 7 a 10 días luego de extraído, se puede almacenar en heladera (4 °C). Esta práctica es la más común. Si el polen va a utilizarse posteriormente, conviene almacenarlo en freezer (-18 °C) o ultrafreezer (-80 °C), pudiendo mantener una alta viabilidad por más de 3 años (Bomben *et al.*, 1999; Borghezan *et al.*, 2011; Tacconi *et al.*, 2016; Broussard *et al.*, 2023).

Polinización artificial de tipo manual

En este método, el polen es diseminado sobre las flores femeninas de manera manual, y puede realizarse con método húmedo o seco. En el de tipo manual húmedo el polen se distribuye sobre las flores femeninas con un atomizador en un medio líquido (Figura 16). Para ello, se recomienda mezclar 3 gramos de polen por litro en una solución, que suele estar compuesta por agua destilada, azúcar (sacarosa) y ácido bórico (Sáez *et al.*, 2019; David *et al.*, 2022b). Algunos autores de procedencia internacional (Chetanchidambar *et al.*, 2017) observaron que la máxima germinación de polen y el mayor largo del tubo polínico se registraba utilizando 0,5 % de ácido bórico y 15 % de sacarosa. En el suroeste bonaerense, la mayoría de los productores utilizan una solución conteniendo 0,00125 % de ácido bórico, 0,00625 % de nitrato de calcio y 10 % de sacarosa. La función de estos componentes es promover la germinación de los granos de polen. La sacarosa, además, contribuye a que los granos de polen se adhieran a las flores femeninas.

Luego de incorporar el polen a la solución, se debe agitar el contenido para lograr una mezcla homogénea, ya que tiende a formar una pasta por encima de la solución. Una vez constituida la solución de polen, se realiza la aplicación, apretando el gatillo del atomizador una vez en cada flor femenina. Esta acción constituye una pasada.

Estudios realizados internacionalmente concluyeron que la solución debe ser aplicada dentro de los 40 minutos de agregado el polen para que los granos no germinen dentro del atomizador o mochila con el que se está polinizando. Esto es indeseable debido a que serán granos de polen que ya no podrán polinizar las flores femeninas. Esto igualmente depende de la temperatura del ambiente, ya que estos autores observaron que su incremento favorece la germinación de los granos de polen en la solución, con la consecuente reducción de la eficiencia de polinización. A 18, 24 y 30 °C, la germinación del polen en la solución inició a los 180, 90 y 40 minutos respectivamente (Tacconi y Michelotti, 2018).



Figura 16. Polinización con el método artificial manual de tipo húmedo.
Fuente: Jorge Barreto.

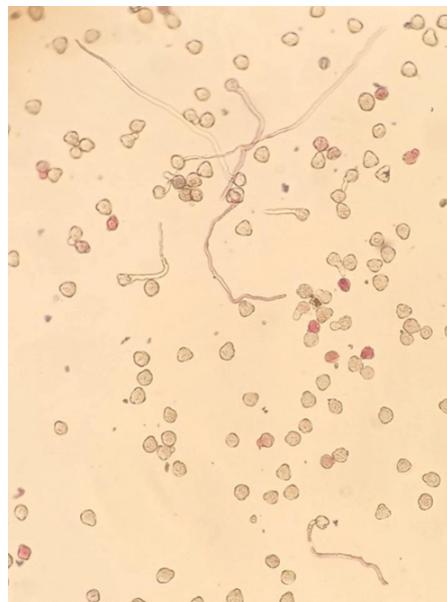


Figura 17. Granos de polen luego de 3 horas de incubación a 20 °C en una solución de sacarosa, ácido bórico, nitrato de calcio y agua destilada. Fuente: Olga Marcellán y María Ángela David.

Estudios recientes realizados en la zona del sudeste bonaerense (Olga Marcellán, comunicación personal) evaluaron la germinación *in vitro* de los granos de polen en una solución conteniendo sacarosa que se utiliza para polinizar en nuestra zona. Observaron que independientemente de la temperatura, la germinación fue menor al 20 % luego de 3 horas de incubación en condiciones controladas (temperaturas de 20, 25 y 30 °C, y en reposo) (Figura 17), por lo que durante ese tiempo no habría problemas en aplicar la misma solución de polen sin volver a prepararla. Hasta un 80 % de viabilidad del polen es aceptable (Marcellán *et al.*, 2018), por lo que la eficiencia de polinización no se vería afectada. De todos modos, hay que tener en cuenta que estos resultados se observaron en el laboratorio. La germinación de los granos de polen en la solución durante la aplicación en el campo puede variar por el movimiento y agitación generados durante la aplicación de la solución.

Como se mencionó anteriormente, la floración del cultivo de kiwi dura alrededor de 10 días, y dependiendo de las temperaturas, este periodo puede extenderse un par de días más. La polinización con el método artificial manual de tipo húmedo se debe realizar en el periodo que va desde que las flores femeninas comienzan la plena floración hasta la caída temprana de los pétalos. Este es el momento en el que están más receptivas para concretar la fecundación de sus óvulos (Tacconi *et al.*, 2016). En general, se realizan por lo menos dos aplicaciones de solución de polen al 70 y 90 %-100 % de floración, para cubrir todo el periodo de apertura floral. Si la floración no es homogénea, se requerirá un mayor número de aplicaciones (David *et al.*, 2018; David *et al.*, 2022b).

La polinización artificial manual tiene la gran ventaja de no verse afectada por el clima, a diferencia de la polinización con insectos (Broussard y Pattermore, 2023). También es sencillo posergar la aplicación para el día siguiente en caso de lluvia si se quiere tener una mayor seguridad en cuanto al efecto de la polinización. Otra ventaja de este método es que permite independizarse de la proporción de plantas masculinas, que en caso de ser escasa no afecta a la práctica. Sin embargo, este método de polinización es más laborioso y necesita mayor mano de obra para poder realizar al menos dos pasadas cubriendo toda la superficie de producción en el corto periodo de floración del cultivo. David *et al.* (2022b) determinaron, además, que el número y tamaño de los frutos obtenidos mediante la polinización manual de tipo húmedo era superado por los obtenidos de la polinización con abejas.

Por todo lo mencionado, la polinización manual es un gran complemento de la polinización con abejas melíferas, ya que combinando ambos métodos se obtiene una excelente polinización. De esta manera se evitan los riesgos debidos al clima que se pueden generar por polinizar solo con abejas, y además se logra incrementar el tamaño de fruto respecto a la aplicación de la polinización solo manual (David *et al.*, 2022b).

Sin embargo, la combinación de ambos métodos de polinización incrementa los costos, ya que se requiere mayor mano de obra y ma-

quinaria para la extracción de polen. Y si se necesita comprar polen, los costos son mucho mayores. Aún no se cuenta con resultados respecto de si el incremento de los costos por aplicar ambos métodos de polinización se compensa con la mayor ganancia obtenida del aumento del peso de los frutos, y por ende del rendimiento.

En el caso de la polinización manual de tipo seco el polen se distribuye sobre las flores femeninas directamente, sin ningún medio líquido. Puede practicarse flor con flor (tocando los estigmas de la flor femenina con los estambres de la flor masculina), y debe realizarse en plena caída de pétalo de las flores femeninas (Comité del kiwi, 2010; Broussard y Pattermore, 2023). Este tipo de polinización es poco utilizado, porque es sumamente complejo y laborioso, lleva más tiempo y por lo tanto es practicable cuando la plantación tiene una extensión muy pequeña (alrededor de 1 ha).

Polinización artificial de tipo mecánico

Por una parte, este método es de aplicación reciente en la zona productora de kiwi del sudeste bonaerense. Hay diferentes formas de realizarlo: mediante máquinas dosificadoras de polen y mediante "véntolas" (Broussard *et al.*, 2023). Las primeras consisten en máquinas especiales que expulsan y distribuyen el polen de forma seca o húmeda, generando una nube de polen alrededor de las plantas. Los momentos de aplicación son similares a los del método manual, puesto que dependerá de si se aplica el polen en seco o en húmedo. En este último caso, la máquina expulsa la misma solución que se utiliza en la polinización manual, conteniendo agua destilada, ácido bórico, nitrato de calcio y sacarosa. Igualmente, es conveniente evitar la aplicación en los momentos en que hay mucho viento. Por otra parte, es importante mencionar que este tipo de maquinaria utiliza mayor cantidad de polen que el método manual.

En la zona se utilizan actualmente dos tipos de máquinas dosificadoras de polen. Una aplica solo polen en seco, y posee una serie de difusores (d, Figura 18) en la parte superior por donde se aplica el polen. Además, posee unas estructuras en forma de cono (c, Figura 18) que absorben el aire circundante con polen que queda disperso



Figura 18. Máquina polinizadora con el método seco. c: estructuras en forma de cono que absorben el aire circundante con polen que queda disperso en el ambiente luego de haber sido aplicado. d: difusor. Fuente: Laureano Goycoa.

en el ambiente luego de haber sido aplicado (polen que no se depositó en las flores femeninas), para hacerlo recircular por la máquina, reaprovecharlo y volverlo a aplicar a través de los difusores. La cantidad de polen distribuida por superficie dependerá de la velocidad de marcha del tractor.

La otra máquina que se utiliza en la zona posee una serie de difusores en forma de cono (d, Figura 19 A), y cada uno de ellos incorpora dos salidas diferentes, a través de dos picos separados (p1 y p2, Figura 19 A). Por uno de ellos se aplica el polen seco, y por el otro la solución líquida mencionada anteriormente. Esa solución sirve de vehículo para el transporte del polen y va rociando las flores. Estas se hidratan y se promueve así la adhesión del polen a las flores femeninas, facilitando la polinización. En la máquina, el polen circula a través de una manguera gruesa de aire soplado (mg, Figura 19 B) que conecta con uno de los picos del difusor. La solución circula a través de una manguera muy fina (mf, Figura 19 B) que conecta con el otro pico del difusor.



Figura 19.

Máquina polinizadora que expulsa polen seco y solución de manera separada.
A. En reposo. d: difusor. p1 y p2: picos.
Fuente: Carlos Godoy.

B. En funcionamiento. mg: manguera gruesa de aire soplado por donde circula el polen. mf: manguera fina por donde circula la solución.
Fuente: Matías Vallo.



Este sistema ha dado muy buenos resultados, ya que tiene la ventaja de favorecer la polinización por medio de la solución líquida, mientras que se evita tener que mezclar el polen en dicha solución, lo cual es difícil y prácticamente inviable por la imposibilidad de agitar el tanque de la máquina. Complementariamente, este sistema permite obtener mayor autonomía de trabajo respecto a aplicar la solución con el polen incorporado. De esta manera, se puede polinizar durante el tiempo necesario con un mismo tanque de solución, puesto que no hay problema de germinación de los granos de polen en solución.

En la zona, algunos productores solían utilizar una polinizadora en húmedo, que aplicaba directamente la solución con el polen incorporado. Sin embargo, se ha dejado de utilizar por los motivos que se mencionaron anteriormente, puesto que se dificultaba mezclar permanentemente el polen para mantener la solución homogénea, y no tenía mucha autonomía.

Las véntolas consisten en ventiladores de gran tamaño que pueden ser trasladados por un tractor (Figura 20 A y B; Broussard *et al.*, 2023). Estas van generando un movimiento de aire alrededor de las plantas, lo que favorece la distribución del polen de las plantas masculinas hacia las plantas femeninas (Hii, 2004). En algunos casos, también se hace alguna pasada con la pulverizadora con el tanque vacío, que en este caso libera solo aire por los picos. Este método de polinización debe considerar la sincronización entre la floración femenina y la masculina, ya que es el mismo polen de los ejemplares masculinos los que se van dispersando. Por la misma causa, es conveniente que la proporción de plantas masculinas sea alta, 1 por cada 3 plantas femeninas (25 %).

La polinización artificial mecánica tiene la ventaja de que es mucho más rápida que la polinización manual y requiere poca mano de obra. Es un buen sistema para llevar a cabo en plantaciones muy grandes, en las que polinizar manualmente se torna muy complejo. Además, al igual que en la polinización manual, presenta la ventaja de no depender de las condiciones climáticas.



Figura 20. A y B. Véntolas enganchadas en parte delantera del tractor.
Fuente: Matías Vallo.

Es interesante mencionar que en algunos de los principales países productores de kiwi del mundo se están evaluando nuevos dispositivos de polinización que utilizan inteligencia artificial. Estos detectan las flores femeninas de kiwi mediante imágenes tomadas con cámaras para realizar la polinización dirigida. Un ejemplo es un robot autopropulsado que incorpora computadora, un brazo mecánico que posee el pulverizador y cámara binocular (Williams *et al.*, 2019; Li *et al.*, 2022, Gao *et al.*, 2023).

Cultivares polinizadores de kiwi

Hasta el momento se describieron los diferentes métodos de polinización utilizados en el sudeste bonaerense. Es muy importante complementar esta información con los cultivares de plantas masculinas que se encuentran en la zona, ya que estos ejemplares son los que proveerán el polen a las flores femeninas. Cada uno tiene diferentes características fenológicas y de producción de polen que se deben conocer para poder elegir bien cuál o cuáles colocar en la plantación al momento de diseñar el lote y asegurar así una buena polinización. En la zona, actualmente los viveros están produciendo tres cultivares. M-52 (Figura 21 A, B y C) tiene una floración temprana, es el más precoz en abrir sus flores, que además son de larga duración. Sus flores abren unos días antes que las de las plantas femeninas, pero como perduran varios días sincronizan bien con la floración femenina. Cubre casi todo su periodo de floración. Además, produce una excelente cantidad y calidad de polen. Chieftain 2010 (Figura 22 A, B y C) tiene una floración más tardía que M-52, y termina realizando su apertura floral prácticamente en simultáneo con las plantas femeninas, por lo cual la sincronización es excelente. Produce también una excelente cantidad y calidad de polen. Tomuri NPP1 tiene una floración más tardía, unos días después que las plantas femeninas, por lo que alcanza a polinizar las últimas flores femeninas. Además, produce una baja cantidad de polen en comparación a los otros cultivares masculinos, por lo que últimamente no es buscado por los productores. De hecho, aquellos productores que tenían Tomuri en sus lotes, lo fueron injertando con los otros cultivares masculinos (Thorp *et al.*, 1990; Marcellán *et al.*, 2018).



Figura 21.

Cultivar masculino M-52.
A. Botón floral con la corola asomando;
B. Inicio de apertura floral;
C. Flor abierta.
Fuente: Jorge Lozano Miglioli.



Figura 22.

Cultivar masculino Chieftain 2010.
A. Botón floral con la corola asomando;
B. Inicio de apertura floral;

C. Flor abierta.

Fuente: Jorge Lozano Miglioli.



Hasta hace unos años, había otros dos cultivares masculinos disponibles en los viveros, pero que luego se discontinuaron por agotarse el banco de germoplasma de estos. Actualmente hay plantaciones que tienen estos ejemplares plantados. M-56, de características muy similares a M-52, tiene una floración temprana y produce una excelente cantidad y calidad de polen. Matúa 5972 (Figura 23 A, B y C) también es de floración temprana, aunque no tanto como los cultivares M-52 y M-56. Produce una excelente cantidad y calidad de polen (Velásquez y Flores, 1988; Comité del Kiwi, 2010).

McNeilage *et al.* (1992) evaluaron el comportamiento de los cultivares M-52, Chieftain, M-56 y Matúa, y observaron que, si bien todos resultaron ser adecuados, Chieftain y M-56 fueron superiores, puesto que originaron un mayor tamaño final de los frutos.

Evaluación de métodos de polinización en kiwi en el sudeste de la provincia de Buenos Aires

En los últimos años, se ha realizado una serie de ensayos comparando la eficiencia de los métodos de polinización más utilizados en la zona del sudeste bonaerense (David *et al.*, 2022b y David *et al.*, 2024). Al igual que en el resto del mundo, en la zona del sudeste bonaerense los productores recurían a la polinización artificial considerando que la abeja no era un polinizador eficiente.

Sin embargo, como se mencionó anteriormente, la bibliografía disponible indica que se puede lograr una muy buena polinización del cultivo con abejas si se utilizan colmenas preparadas con suficiente antelación, bien alimentadas y con una densidad adecuada a la distribución de plantas masculinas del lote (Clinch, 1984; Costa *et al.*, 1993; González *et al.*, 1998; Razeto *et al.*, 2005; Sáez *et al.*, 2019). La experiencia de uno de los productores más innovadores de la zona también daba indicio de buenos resultados con abejas siguiendo dichas premisas. Era necesario evaluar entonces si la polinización con abejas llevada a cabo según las recomendaciones para el manejo de colmenas en plantaciones de kiwi era tan eficiente como la polinización artificial en cuanto a la cantidad y calidad de fruta producida.



Figura 23.

Cultivar masculino Matúa 5972.
A. Botón floral con la corola asomando;
B. Inicio de apertura floral;
C. Flor abierta.
Fuente: Jorge Lozano Miglioli.



Uno de los ensayos realizados compara la polinización con abejas con la polinización manual y la combinación de ambos métodos. Se observan los siguientes resultados (David *et al.*, 2022b).

Los cargadores cuyas flores fueron polinizadas con abejas y mediante el método combinado presentaron un mayor número de frutos para cosecha respecto a la polinización manual (24,6 y 18,5 % respectivamente) (Figura 24 A). Los frutos originados a partir de la polinización combinada y con abejas presentaron un mayor peso de fruto respecto a los de la polinización manual (15,3 y 14,6 % respectivamente) (Figura 24 B). El largo, el diámetro mayor y el diámetro menor del fruto siguieron la misma tendencia, siendo mayores en la polinización combinada (5,4, 5,7 y 3,5 %) y la polinización con abejas (4,8, 5,5 y 2,9 %) respecto de la manual (Figura 25 A, B y C).

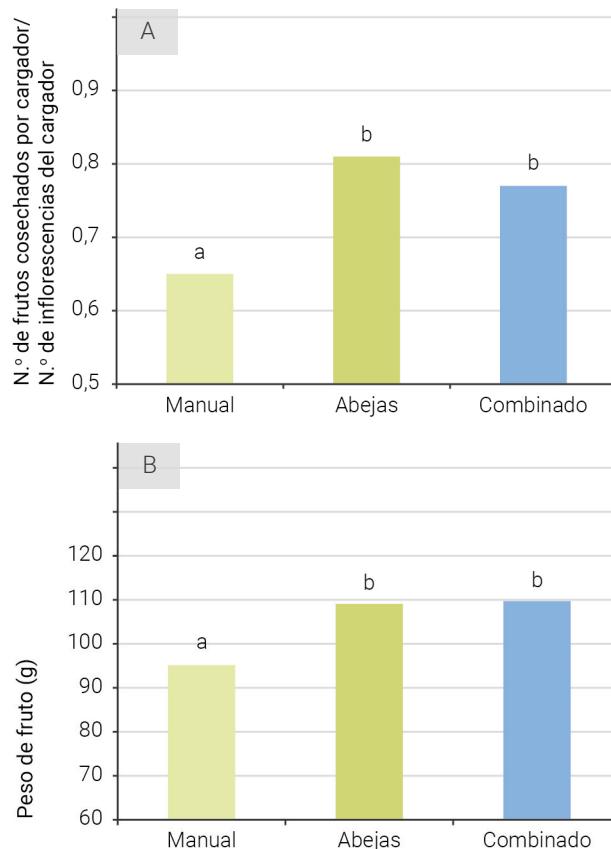
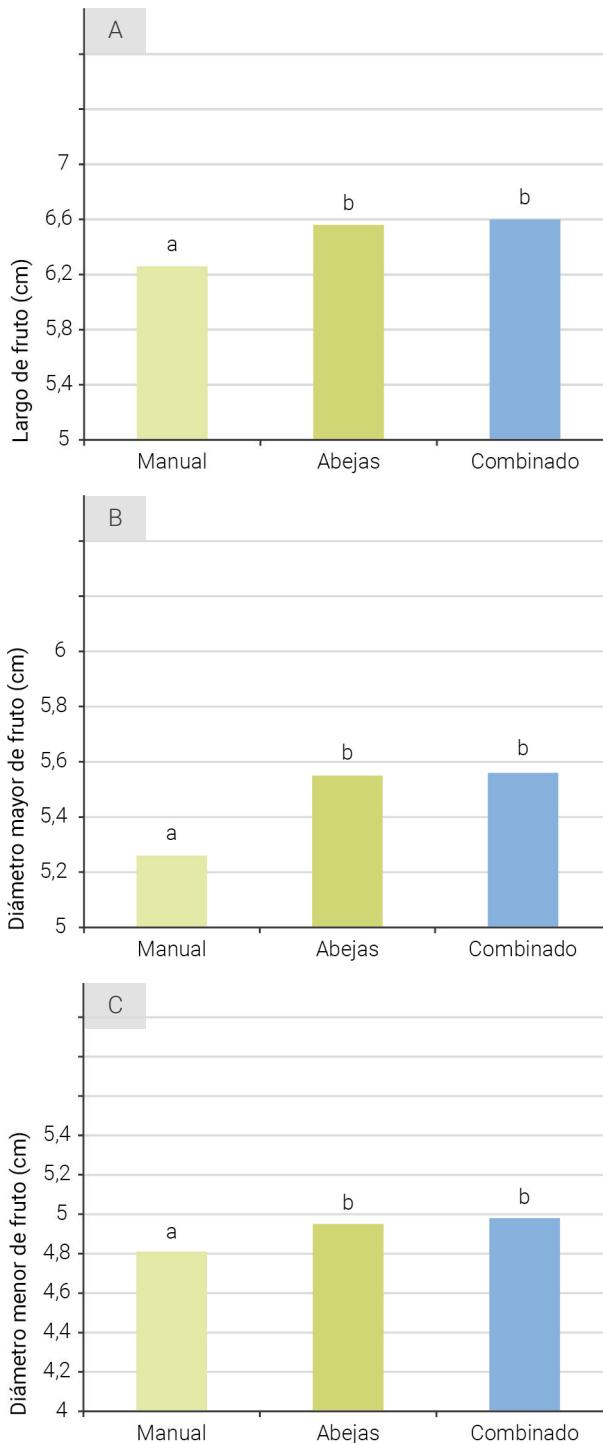


Figura 24.

Efecto de tres métodos de polinización (artificial manual, abejas y combinado) sobre el A. Número de frutos cosechados por cargador/ número de inflorescencias del cargador; B. Peso de fruto (g). Las barras verticales representan el desvío estándar del valor medio de las dos temporadas ($n = 9$). Barras seguidas de la misma letra no son estadísticamente diferentes ($p > 0,05$).

Fuente: David *et al.* (2022).



Los índices de madurez y de calidad interna de los frutos para cosecha fueron similares para los tres métodos de polinización (Tabla 1). Por lo tanto, el incremento en el número y tamaño de los frutos obtenido mediante la polinización combinada y la polinización con abejas no afectaron las variables relacionadas con la calidad organoléptica del fruto.

Tabla 1. Índices de madurez y de calidad interna de los frutos de kiwi para cosecha: Índice de color, firmeza (kgf), sólidos solubles totales (°Brix), materia seca (%) y acidez titulable (g de ácido cítrico/100 ml de jugo) en tres métodos de polinización (artificial manual, abejas y combinado). Los valores representan las medias de dos temporadas \pm SE ($n = 9$). Las medias de la misma columna seguidas de la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$). Fuente: David *et al.* (2022).

MÉTODO DE POLINIZACIÓN	ÍNDICES DE MADUREZ Y CALIDAD INTERNA DE LOS FRUTOS				
	Índice de color	Firmeza (kgf)	Sólidos Solubles Totales (°Brix)	Materia seca (%)	Acidez Titulable (%)
Artificial manual	-8,22 \pm 0,14 a	7,98 \pm 0,48 a	6,77 \pm 0,14 a	17,72 \pm 0,33 a	1,54 \pm 0,08 a
Abejas	-8,19 \pm 0,14 a	7,90 \pm 0,32 a	6,50 \pm 0,15 a	17,45 \pm 0,35 a	1,53 \pm 0,07 a
Combinado	-8,27 \pm 0,14 a	7,97 \pm 0,45 a	6,82 \pm 0,14 a	17,87 \pm 0,33 a	1,52 \pm 0,06 a

Los resultados obtenidos de ese ensayo permitieron reconocer en la zona del sudeste bonaerense la eficiencia de las abejas melíferas como polinizadoras en kiwi siempre que se realice un adecuado manejo y preparación de las colmenas. Tanto la polinización combinada como la polinización solo con abejas presentaron excelentes resultados, incrementando tanto el número como el tamaño de los frutos para cosecha en comparación a la polinización manual. Si bien la polinización manual presentó una menor eficiencia respecto a los métodos que involucraban abejas, permitió obtener igualmente un muy buen número y tamaño de fruto para la producción.

Por una parte, los tres métodos funcionaron, y la utilización de abejas para la polinización de kiwi siguiendo un protocolo adecuado es una excelente opción para los productores. Incluso estos insectos po-

linizadores involucraron un mayor rendimiento del cultivo, preservando los índices de calidad de los frutos. Dependerá de cada productor el método de polinización para elegir, en función del tamaño de su plantación, la distribución de plantas masculinas, las condiciones climáticas y el factor económico. Cuanto más grande sea la plantación, más difícil será realizar la polinización manual, ya que se requerirá mucha mano de obra para cubrir toda el área en los 10 días que dura la floración. Cuando la distribución de plantas masculinas es escasa, se necesitará colocar un mayor número de colmenas/ha para que la polinización con abejas sea efectiva. En cambio, al polinizar artificialmente, el productor se independizaría de este factor.

Por otra parte y como se mencionó anteriormente, realizar la polinización solo con abejas melíferas tiene sus riesgos, ya que su actividad es altamente dependiente de las condiciones climáticas, y en caso de haber temperaturas bajas o precipitaciones en los 10 días que dura la floración, se puede ver afectada la producción de todo el año. En las dos temporadas del ensayo realizado, las condiciones climáticas fueron óptimas para el pecoreo de las abejas melíferas, lo cual explica los buenos resultados obtenidos con este método de polinización. Finalmente, el factor económico es determinante. Si bien la polinización combinada presentó mejores resultados que la polinización manual, se debe tener en cuenta que los costos pueden incrementarse al realizar las dos prácticas a la vez.

Otro de los ensayos realizados compara los métodos de aplicación de polen artificial, evaluando la eficiencia del método manual húmedo y el método mecánico seco. En cuanto a los resultados, no se observaron diferencias estadísticas significativas en ninguna de las variables del rendimiento, obteniéndose un buen número y tamaño de frutos con ambos métodos de polinización (David *et al.*, 2024). Si bien ya se conoce que la polinización manual húmeda funciona muy bien, este estudio mostró que la polinización artificial mecánica en seco también arrojó resultados satisfactorios. La última es una buena opción para realizar una aplicación más rápida, sobre todo en lotes o plantaciones de grandes dimensiones, donde la polinización manual se torna complicada. De todos modos, el momento del día

para aplicar es fundamental, para evitar el efecto negativo del viento durante la aplicación del polen seco. En cuanto a las variables de calidad, solo hubo diferencias estadísticas en la materia seca, observándose mayores valores con el método manual (Tabla 2). De todos modos, los valores fueron mayores al 16 %, por lo que se obtuvieron frutos de excelente calidad con ambos métodos de polinización.

Tabla 2. Índices de madurez y de calidad interna de los frutos de kiwi a cosecha: Índice de color, firmeza (kgf), sólidos solubles totales (°Brix), materia seca (%) y acidez titulable (g de ácido cítrico/100 ml de jugo) en dos métodos de polinización (artificial manual húmedo y mecánico seco). Los valores representan las medias de dos temporadas \pm SE ($n = 6$). Las medias de la misma columna seguidas de la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$). Fuente: David *et al.* (2024).

ÍNDICES DE MADUREZ Y CALIDAD INTERNA DE LOS FRUTOS					
MÉTODO DE POLINIZACIÓN	Índice de color	Firmeza (kgf)	Sólidos Solubles Totales (°Brix)	Materia seca (%)	Acidez Titulable (%)
Manual	-8,51 \pm 0,13 a	7,98 \pm 0,48 a	6,75 \pm 0,13 a	17,17 \pm 0,25 b	1,81 \pm 0,06 a
Mecánico	-8,24 \pm 0,15 a	7,74 \pm 0,34 a	7,08 \pm 0,27 a	16,28 \pm 0,24 a	1,73 \pm 0,04 a

En los últimos tiempos, se comenzó a explorar la eficiencia del abejorro *Bombus pauloensis* como polinizador en kiwi. En el sudeste bonaerense esta especie de insectos es muy utilizada en cultivos bajo cubierta e invernáculos como es el caso del tomate, debido a que, como se mencionó anteriormente, trabajan activamente bajo la influencia de las mallas y el sombreado, y toleran más las altas temperaturas que se generan por dichas estructuras.

Ensayos realizados por diversos autores internacionales mostraron que la eficiencia de la polinización del cultivo de kiwi con *Bombus* spp. es excelente (Pomeroy y Fisher, 2002; Cutting *et al.*, 2018; Brousseau *et al.*, 2022). Esto indicaría que el abejorro podría ser otra opción interesante para tener en cuenta para la polinización de dicho cultivo, como sugieren las publicaciones mencionadas.



CONCLUSIONES

La polinización es clave para el cultivo de kiwi, ya que de ella dependerá el éxito de la producción. En estos últimos años, los productores de kiwi del sudeste bonaerense han construido las bases para mejorar la práctica de polinización del cultivo. Mediante ensayos realizados en la zona, se demostró que las abejas son una excelente opción para el kiwi, y que son necesarias para incrementar el número y tamaño final de los frutos. También se ha comenzado a estudiar la posibilidad de utilizar abejorros (*Bombus spp.*), que parece una opción prometedora.

La información presentada en este trabajo también contribuye con aquellos productores que, por tener una gran superficie en producción, deben inclinarse a la polinización artificial de tipo mecánica, entre las cuales la aplicación de polen en seco resulta adecuada.



BIBLIOGRAFÍA

ARIAS-SUÁREZ, J.C.; OCAMPO-PÉREZ, J.A.; URREA-GÓMEZ, R. 2014. *La polinización natural en el maracuyá (Passiflora edulis f. flavicarpa Degener) como un servicio reproductivo y ecosistémico*. Agron. Mesoam. 25 (1), 73-83. <https://doi.org/10.15517/am.v25i1.14200>

ATELA, O.E. 2019. *Programa innovaciones para pymes agroindustriales. Selección de genotipos y manejo de abejas para optimizar la polinización del cultivo de kiwi*. Resultados parciales etapa 1. Revista Ciencia y Abejas 80, 3-5.

BARBATTINI, R.; GREATTI, M.; 2008. *Attivit`a di Apis mellifera e di pronubi selvatici su Actinidia chinensis e A. deliciosa*. Notiziario ERS 22 (4), 35-40.

BOMBEN, C.; MALOSSINI, C.; CIPRIANI, G.; TESTOLIN, R. 1999. *Long term storage of kiwifruit pollen*. Acta Hortic. 498, 105-110 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1999.498.12>

BORGHEZAN, M.; CLAUMAN, A.D.; STEINMACHER, D.A.; GUERRA, M.P.; ORTH, A.I. 2011. *In vitro viability and preservation of pollen grain of kiwi (Actinidia chinensis var. deliciosa (A. Chev.) A. Chev)*. Crop Breeding and Applied Biotechnology 11(4), 338-344. <https://doi.org/10.1590/S1984-70332011000400007>

BRITISH COLUMBIA MINISTRY OF AGRICULTURE. 2012. *Bee behaviour during foraging. Apiculture Factsheet*. (Disponible: https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/farming-natural-resources-and-industry/agriculture-and-seafood/animal-and-crops/animal-production/bee-assets/api_fs111.pdf Consultado: 27/12/2024).

BROUSSARD, M.A.; HOWLETT, B.G.; EVANS, L.J.; MCBRYDIE, H.; CUTTING, B.T.; READ, S.F.J.; PATTEMORE, D.E. 2022. *Pollinator identity and behavior affect pollination in kiwifruit (Actinidia chinensis Planch.)* Peer J 10:e12963 <https://doi.org/10.7717/peerj.12963>

BROUSSARD, M.A.; PATTERMORE, D.E. 2023. *Kiwifruit pollination*. En: Richardson, A.; Burdon, J.; Ferguson, R. *Kiwifruit: Botany, Production and Uses*. Ed CABI, 207-227. (Disponible: https://www.researchgate.net/publication/376095561_Kiwifruit_Pollination Consultado: 27/12/2024).

BROUSSARD, M.A.; COATES, M.; MARTINSEN, P. 2023. *Artificial Pollination Technologies: A Review*. *Agronomy* 13 (5), 1351. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051351>

CHETANCHIDAMBAR, M.; MANJU, N.; PANT, S.C. 2017. *Pollen studies in kiwifruit (Actinidia deliciosa Chive.)*. *International Journal of Agricultural Science and Research (IJASR)* 7(2), 15-22.

CLINCH, P.G. 1984. *Kiwifruit pollination by honey bees*. 1. Tauranga observations, 1978-1981. *N. Z. J. Exp. Agric.* 12, 29-38. <https://doi.org/10.1080/03015521.1984.10427785>

COMITÉ DEL KIWI. 2010. *Manual de producción del kiwi chileno*. Láser Impresores S. A. 292 p.

COSTA, G.; TESTOLIN, R.; VIZZOTTO, G. 1993. *Kiwifruit pollination: an unbiased estimate of wind and bee contribution*. *N. Z. J. Crop Hortic. Sci* 21 (2), 189-195. <https://doi.org/10.1080/01140671.1993.9513767>

CUTTING, B.T.; EVANS, L.J.; PAUGAM, L.I.; MCBRYDIE, H.M.; JESSON, L.K.; POME-ROY, N.; JANKE, M.; JACOB, M.; PATTEMORE, D.E. 2018. *Managed bumble bees are viable as pollinators in netted kiwifruit orchards*. *New Zealand Plant Protection*. 71, 214-220. <https://doi.org/10.30843/nzpp.2018.71.178>

DAVID, M.Á., YOMMI, A.K.; SÁNCHEZ, E.E.; QUILLEHAUQUY, V. 2018. *Kiwi, una interesante oportunidad de producción*. *Visión Rural* 123, 47-51.

DAVID, M.Á.; YOMMI, A.; SÁNCHEZ, E.; MARTINEZ, A.; PALACIO, A.; ATELA, O. 2020. *Las abejas melíferas y su desempeño como insectos polinizadores en kiwi*. *Gaceta del Colmenar* 642, 41-45.

DAVID, M.Á.; YOMMI, A.; SÁNCHEZ, E.; ATELA, O.; MARTINEZ, A.; MURILLO, N.; MARCELLÁN, O.; PALACIO, A. 2021. *Number, final size and quality of fruit obtained by three pollination methods in kiwifruit (Actinidia chinensis var. deliciosa)*. *Book of Abstracts of X International Symposium on Kiwifruit*. Yalova, Turquía. 15 p.

DAVID, M.A.; LIGIER, D.; SÁNCHEZ, E. 2022A. *Distribución radical en plantaciones de kiwi (Actinidia chinensis var. deliciosa) en el sudeste bonaerense y su implicancia en el manejo racional del riego*. *RIA* 48 (2), 126-131.

DAVID, M.A.; YOMMI, A.; SÁNCHEZ, E.; MARTINEZ, A.; MURILLO, N.; MARCELLÁN, O.; ATELA, O.; PALACIO, A. 2022B. *Strategic use of honey bees (Apis mellifera L.) to increa-*

se the number and size of fruits in kiwifruit (*Actinidia chinensis* var. *deliciosa*). European Journal of Agronomy 133, 126420. DOI: 10.1016/j.eja.2021.126420

DAVID, M.A., YOMMI, A., MURILLO, N. 2024. Evaluación de la eficiencia de la polinización mecánica en kiwi (*Actinidia chinensis* var. *deliciosa* cv. *Hayward*). 42.º Congreso Argentino de Horticultura. Posadas, Misiones, Argentina.

ESAU, K. 1993. *Anatomía de las plantas con semilla*. Editorial Hemisferio Sur. Tercera reimpresión.

FERGUSON, A.R. 2007. *The need for characterisation and evaluation of germplasm: kiwifruit as an example*. Euphytica 154, 371-382. <https://doi.org/10.1007/s10681-006-9188-2>

FISCHER, G.; CASIERRA-POSADA, F.; PIEDRAHÍTA, W. 2009. *Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia*. En: Miranda, D.; Fischer, G.; Carranza, C.; Magnitskiy, S.; Casierra, F.; Piedrahíta, W.; Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba*. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. Bogotá, Colombia. 45-67 pp.

FOUNDATION FOR ARABLE RESEARCH. 2012. *Crop pollination*. FAR Focus 7, 53. (Disponible: https://www.far.org.nz/assets/files/uploads/25801_FAR_focus_7_-_crop_pollination.pdf Consultado: 27/12/2024).

GAO, H.; HE, L.; FANG, W.; WU, Z.; JIANG, H.; LI, R.; FU, L. 2023. A novel pollination robot for kiwifruit flower based on preferential flowers selection and precisely target. Computers and Electronics in Agriculture 207, 107762. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107762>

GONZÁLEZ, M.V.; COQUE, M.; HERRERO, M. 1996. *Pollen-Pistil Interaction in Kiwifruit (*Actinidia deliciosa*; *Actinidiaceae*)*. American Journal of Botany, 83(2), 148-154. <https://doi.org/10.2307/2445931>

GONZÁLEZ, M.V.; COQUE, M.; HERRERO, M. 1998. *Influence of pollination systems on fruit set and fruit quality in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*)*. Ann. Appl. Biol. 132, 349-355. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1998.tb05210.x>

GOODWIN, R.M. 1986. *Increased kiwifruit pollen collection after feeding sugar syrup to honey bees within their hive*. N. Z. J. Exp. Agric. 14, 57-61. <https://doi.org/10.1080/03015521.1986.10426125>

HII, M.J.W. 2004. *Kiwifruit Flower Pollination Wind Pollination Efficiencies and Sprayer Jet Applications*. [PhD thesis. University of Canterbury, Christchurch, New Zealand].

HOPPING, M.E. 1976. *Effect of exogenous auxins, gibberellins and cytokinins on fruit development in Chinese gooseberry (Actinidia chinensis Planch.)*. N. Z. J. Bot. 14, 69-75. <https://doi.org/10.1080/0028825X.1976.10428652>

HOWPAGE, D.; SPOONER-HART, R.N.; VITHANAGE, V. 2001. *Influence of honey bee (Apis mellifera) on kiwifruit pollination and fruit quality under Australian conditions*. N. Z. J. Crop Hortic. Sci. 29 (1), 51-59. <https://doi.org/10.1080/01140671.2001.9514160>

KARBASSIOON, A.; YEARNSEY, J.; DIRILGEN, T. 2023. *Responses in honeybee and bumblebee activity to changes in weather conditions*. Oecologia 201, 689-701. <https://doi.org/10.1007/s00442-023-05332-x>

KING, M.J.; FERGUSON, A.M. 1991. *Collection and use of dry pollen for pollination of kiwifruit*. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 19:4, 385-389, DOI: 10.1080/01140671.1991.10422881

KING, M.J.; FERGUSON, A.M. 1994. *Vibratory Collection of Actinidia deliciosa (Kiwifruit) Pollen*. Annals of Botany 74(5), 479-482. <https://doi.org/10.1006/anbo.1994.1144>

KLEIN, A.M.; VAISSIÈ RE, B.E.; CANE, J.H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. 2007. *Importance of pollinators in changing landscapes for world crops*. Proc. R. Soc. B 274, 303-313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>

LEE, K.Y.; YIM, S.H.; SEO, H.J.; KIM, S.Y.; YOON, H.J. 2016. *Comparison of pollination activities between honeybee (Apis mellifera L.) and bumblebee (Bombus terrestris L.) during the flowering period of Asian pear (Pyrus pyrifolia N.) under variable weather conditions*. Korean J Apic 32(4):303-314. <https://doi.org/10.17519/apiculture.2017.11.32.4.303>

LEE, K.Y.; CHO, H.; YOON, H.J.; LEE, S.; KO, H. 2019. *Comparison of the foraging activity and pollination effects of honeybees (Apis mellifera L.) and bumblebees (Bombus terrestris L.) in gold kiwi (Actinidia chinensis P. 'Haegeum')*. Journal of Apiculture 34(4), 295-304. DOI: 10.17519/apiculture.2019.11.34.4.295

LI, K.; HUO, Y.; LIU, Y.; SHI, Y.; HE, Z.; CUI, Y. 2022. *Design of a lightweight robotic arm for kiwifruit pollination*. Computers and Electronics in Agriculture 198, 107114. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107114>

MAETA, Y.; KAWAKAMI, C.; SHIMIZU, H.; KITAMURA, K. 2009. *Flower-visiting insect fauna of kiwifruit and pollination efficacy of some promising bee species*. Bulletin of the Hoshizaki Green Foundation 12, 19-34.

MARCELLÁN, O.; GODOY, C.; DE BRITO, A. 2018. *Eficiencia de cultivares estaminados en la polinización de kiwi (Actinidia deliciosa, cv. Hayward) en el sudeste bonaerense*. Revista de la Facultad de Agronomía, 117 (1), 147-156.

MCNEILAGE, M.A.; SEAL, A.G.; STEINHAGEN, S.; MCGOWAN, J. 1992. *Evaluation of kiwifruit pollinizers*. Acta Hortic. 297, 277-282. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1992.297.36>

MIÑARRO, M.; TWIZELL, K.W. 2015. *Pollination services provided by wild insects to kiwifruit (Actinidia deliciosa)*. Apidologie 46 (2015), 276-285. <https://doi.org/10.1007/s13592-014-0321-2>

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA; SECRETARÍA DE ALIMENTOS; BIOECONOMÍA Y DESARROLLO REGIONAL. 2022. Resolución -2022-33-APN-SABYDR#MAGYP. (Disponible: https://www.magyp.gob.ar/normativa/_pdf/20220608092800.pdf y https://www.magyp.gob.ar/normativa/_pdf/20220608092901.pdf Consultados: 04/02/2025).

MUELLER, S. 2011. *Honey Bees and Colony Evaluation*. An Online Learning Program. 2011 Research Update, Almond Board of California, 39th Almond Industry Conference. Modesto, CA. (Disponible: <http://cestanislaus.ucanr.edu/files/141096.pdf> Consultado: 04/02/2025).

PETERSON, R.; SLOVIN, J.P.; CHEN, C.H. 2010. *A simplified method for differential staining of aborted and non-aborted pollen grains*. International Journal of Plant Biology 1, 66-69.

POMEROY, N.; FISHER, R.M. 2002. *Pollination of kiwifruit (Actinidia deliciosa) by bumble bees (Bombus terrestris): effects of bee density and patterns of flower visitation*. New Zealand Entomologist, 25(1), 41-49. <https://doi.org/10.1080/00779962.2002.9722093>

RAZETO, B.; REGINATO, G.; LARRAÍN, A. 2005. *Hand and machine pollination of kiwi-fruit*. Int. J. Fruit Sci. 5 (2), 37-43. https://doi.org/10.1300/J492v05n02_05

SÁEZ, A.; NEGRI, P.; VIEL, M.; AIZEN, M.A. 2019. *Pollination efficiency of artificial and bee pollination practices in kiwifruit*. Sci. Hortic. 246, 1017-1021. <https://doi.org/10.1016/j.scientia.2018.11.072>

SHARMA, M.; MATTU, V.K.; THAKUR, M.L. 2013. *Pollination studies on kiwi crop (Actinidia deliciosa Chev.) in Himachal Pradesh, India*. International Journal of Advanced Biological Research, 3(4), 545-548.

TACCONI, G.; MICHELOTTI, V. 2018. *Artificial Pollination in Kiwifruit and Olive Trees. Pollination in Plants*. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.74831>

TACCONI, G.; MICHELOTTI, V.; CACIOPPO, O.; VITDONE, G. 2016. *Kiwifruit pollination: the interaction between pollen quality, pollination systems and flowering stage*. J. Berry Res. 6, 417-426. <https://doi.org/10.3233/JBR-160138>

TESTOLIN, R. 1991. *Male density and arrangement in kiwifruit orchards*. Sci. Hortic. 48, 41–50. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(91\)90151-N](https://doi.org/10.1016/0304-4238(91)90151-N)

TESTOLIN, R.; FERGUSON, A.R. 2009. *Kiwifruit (Actinidia spp.) production and marketing in Italy*. N. Z. J. Crop Hortic. Sci 37, 1-32. <https://doi.org/10.1080/01140670909510246>

TESTOLIN, R.; VIZZOTTO, G.; COSTA, G. 1991. *Kiwifruit pollination by wind and insects in Italy*. N. Z. J. Crop Hortic. Sci. 19, 381-384. <https://doi.org/10.1080/01140671.1991.10422880>

THORP, T.G.; ZHANG, J.; LAY YEE, M. 1990. *Horticultural characteristics of seven pistillate and three staminate New Zealand cultivars of kiwifruit*. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 18, 233-240.

VELÁSQUEZ, M.; FLORES, V. 1988. *Manual del cultivo del Kiwi (Actinidia chinensis)*. Pub. CIREN N.º 73.

WILLIAMS, H.; NEJATI, M.; HUSSEIN, S.; PENHALL, N.; LIM, J.Y.; JONES, M.H.; BELL, J.; AHN, H.S.; BRADLEY, S.; SCHAARE, P.; MARTINSEN, P.; ALOMAR, M.; PATEL, P.; SEABRIGHT, M.; DUKE, M.; SCARFE, A.; MACDONALD, B. 2019. *Autonomous pollination of individual kiwifruit flowers: Toward a robotic kiwifruit pollinator*. J. Field Robot 37, 246-262. <https://doi.org/10.1002/rob.21861>

WILLMER, P.G.; BATAW, A.A.M.; HUGHES, J.P. 1994. *The superiority of bumblebees to honeybees as pollinators: insect visits to raspberry flowers*. Ecological Entomology 19, 271-284.

YOMMI, A.; DAVID, A.; LOZANO, J. 2023. *Producción, exportación y características del mercado interno del kiwi*. Ediciones INTA. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. Buenos Aires.

Este manuscrito desarrolla los principales aspectos para tener en cuenta para realizar la polinización del cultivo de kiwi, práctica indispensable para obtener frutos de buen tamaño y lograr una excelente producción. Primero describe los métodos de polinización disponibles en el sudeste bonaerense, sus ventajas y el manejo de la práctica para realizar en cada caso. Posteriormente compila los ensayos realizados por INTA que evalúan diferentes métodos de polinización y detalla los resultados obtenidos hasta el momento.

ISBN 978-987-679-390-2



9 789876 793902



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria
Argentina