

# PRODUCCIÓN DE FRUTOS CÍTRICOS SIN SEMILLAS: FUNDAMENTOS Y MANEJO AGRONÓMICO

**Ing. Agr. Dra. Giuliana Gambetta**

**Prof. Agr. Ecofisiología y manejo de árboles frutales  
Departamento de Producción Vegetal**



# Temario

## Fundamentos

### Sistemas reproductivos en cítricos

- Autocompatibilidad
- Autoincompatibilidad
- Esterilidad
- Partenocarpia

## Manejo agronómico y sus limitaciones

### 1. Pre-plantación

- Intercompatibilidad entre cultivares
- Distancia entre cultivares vs vuelo de abejas
- Cultivares “filtro”

### 2. Post-plantación

- Repelentes de abejas
- Productos químicos limitantes de la fecundación
- Mallas excluidoras de abejas

# Fundamentos - Introducción

- Importancia comercial



- Desafío a nivel productivo



# Fundamentos - Introducción

- ¿Por qué ocurre esto?
- ¿Por qué existen las semillas en la naturaleza?



# Sistemas reproductivos en cítricos

## Morfología floral



### Gineceo



Estigma

Estilo

Ovario

Disco  
nectarífero

### Androceo



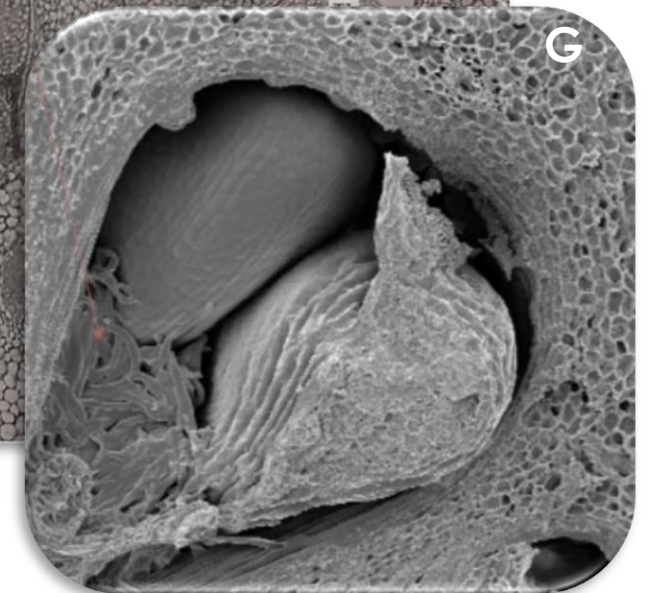
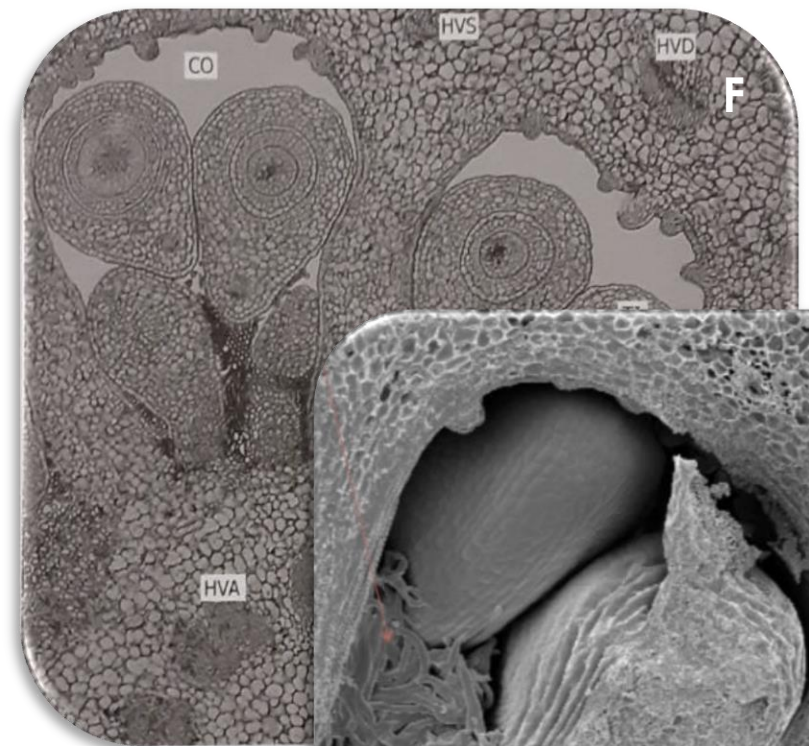
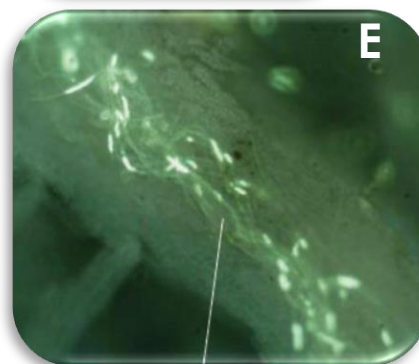
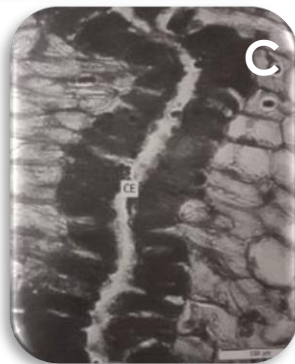
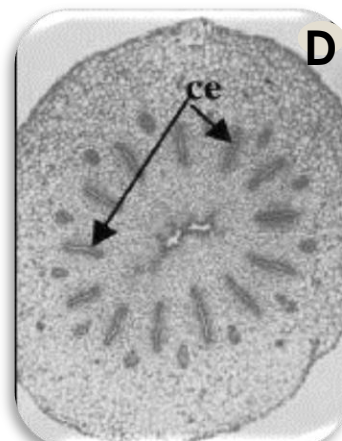
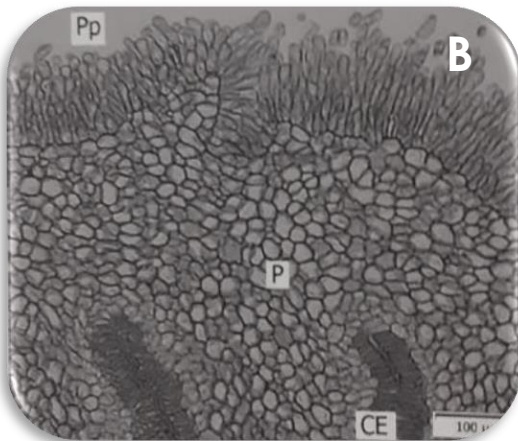
Estambres

Anteras

Filamentos

# Sistemas reproductivos en cítricos

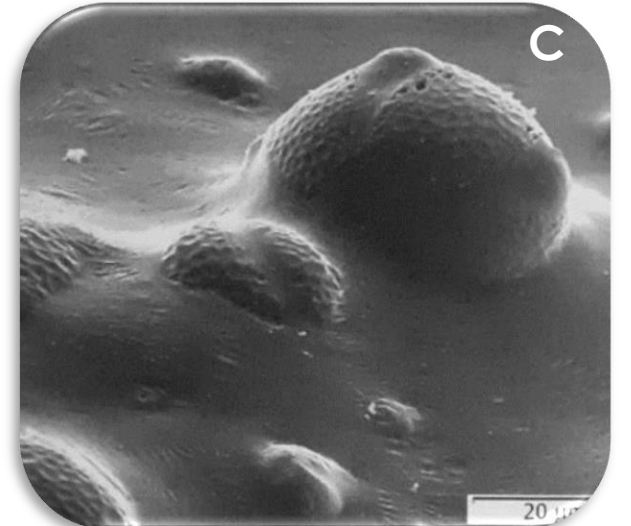
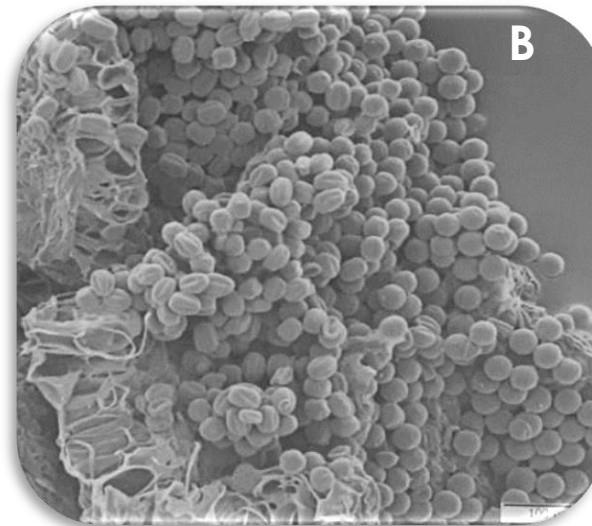
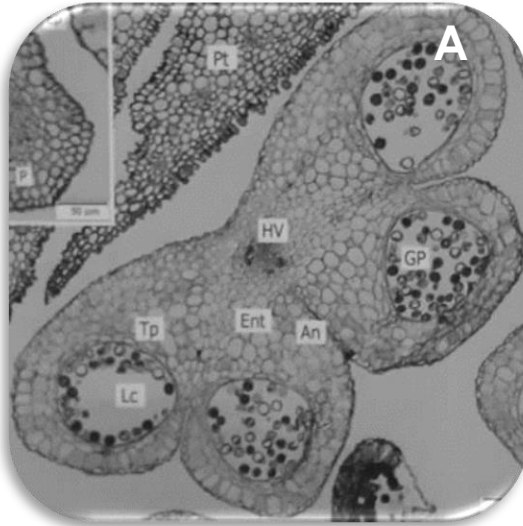
## Gineceo



Fotografías: A, D, E, G Mesejo, 2008, B, C, F Martínez Alcántara et al. (2015)

# Sistemas reproductivos en cítricos

## Androceo



Fotografías: A, B, C Martínez Alcántara et al. (2015)

# Sistemas reproductivos en cítricos

## Polinización y fecundación



Germinación de polen  
Reconocimiento de compatibilidad

Crecimiento del tubo polínico  
Fecundación → semillas



Cuajado de frutos

# Sistemas reproductivos en cítricos

- Autocompatibilidad
- Esterilidad
- Autoincompatibilidad
- Partenocarpia

# Sistemas reproductivos en cítricos

## Autocompatibilidad

Cuando el polen de una flor o de otra flor de la misma planta o clon, es capaz de fecundar sus óvulos



# Sistemas reproductivos en cítricos

- Autocompatibilidad
- Esterilidad
- Autoincompatibilidad
- Partenocarpia

# Sistemas reproductivos en cítricos

## Esterilidad

- Esterilidad gamética
  - ✓ Androesterilidad: desarrollo limitado o nulo del polen
  - ✓ Ginoesterilidad: inviabilidad de óvulos
- Esterilidad citológica
  - ✓ Alteraciones de la meiosis durante la gametogénesis: disminuye capacidad germinativa del polen y viabilidad de óvulos → rudimentos seminales

# Sistemas reproductivos en cítricos

- Autocompatibilidad
- Esterilidad
- Autoincompatibilidad
- Partenocarpia

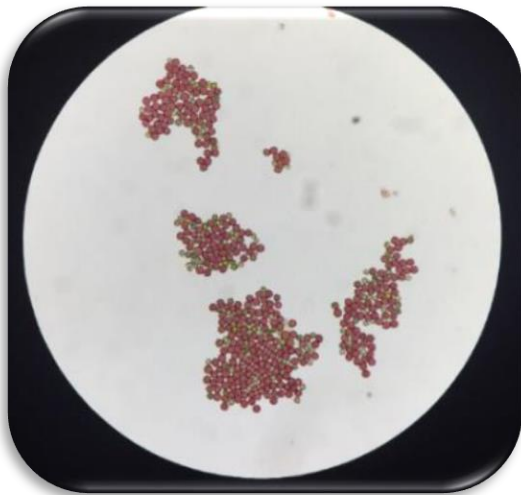
# Sistemas reproductivos en cítricos

## Autoincompatibilidad

- Gametos fértiles

Ejemplo: mandarina Afourer (W.Murcott)

Polen viable



Polen germinado en el estigma de su flor



Óvulos viables a los 12 DPA



# Sistemas reproductivos en cítricos

## Autoincompatibilidad

- Diferentes sistemas de reconocimiento polen-pistilo:

- ✓ Esporofítica

- Determinada por el genotipo ( $2n$ ) de la planta donadora de polen

- No confirmada en cítricos

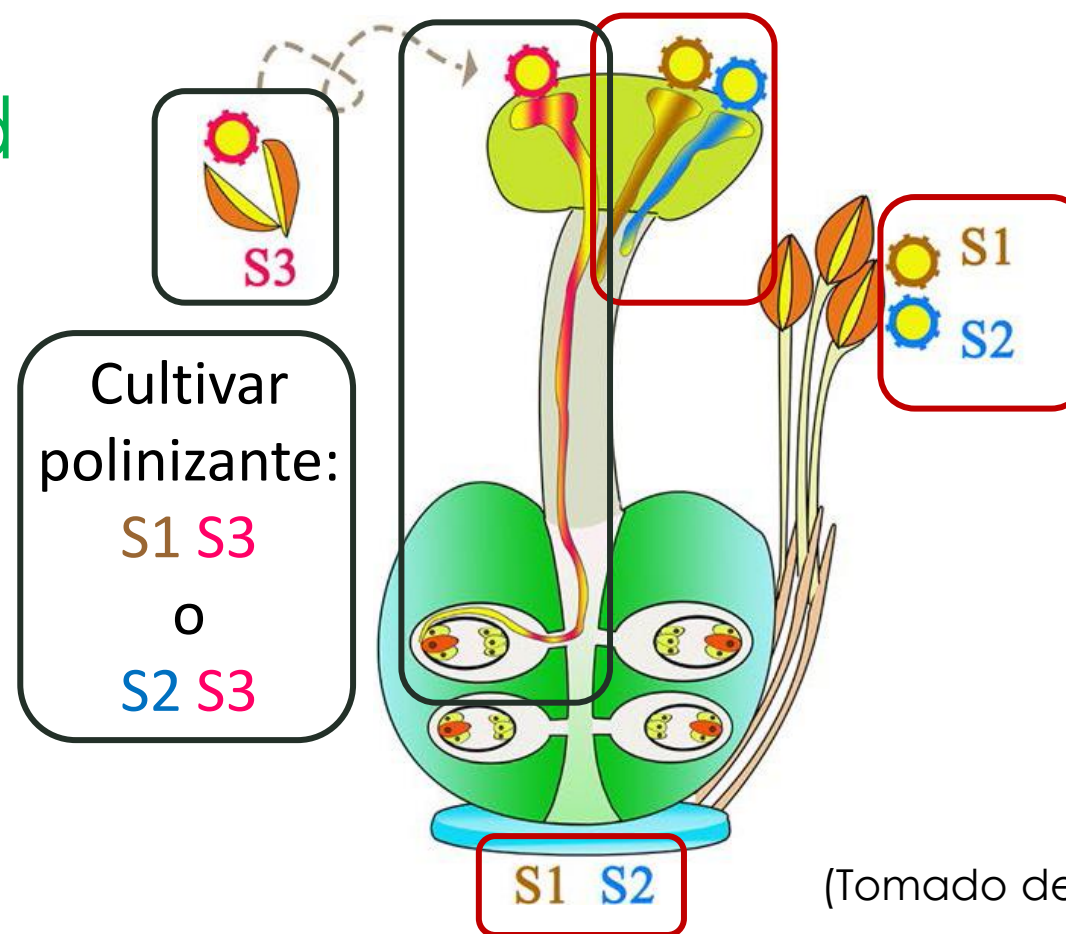
- ✓ Gametofítica:

- Determinada por el genotipo ( $n$ ) del polen

- Opera en la mayoría de los casos, ejemplos Afourer (W.Murcott), Nova, Clementina

# Sistemas reproductivos en cítricos

## Autoincompatibilidad gametofítica



(Tomado de Zhang et al., 2018)

# Sistemas reproductivos en cítricos

## Autoincompatibilidad

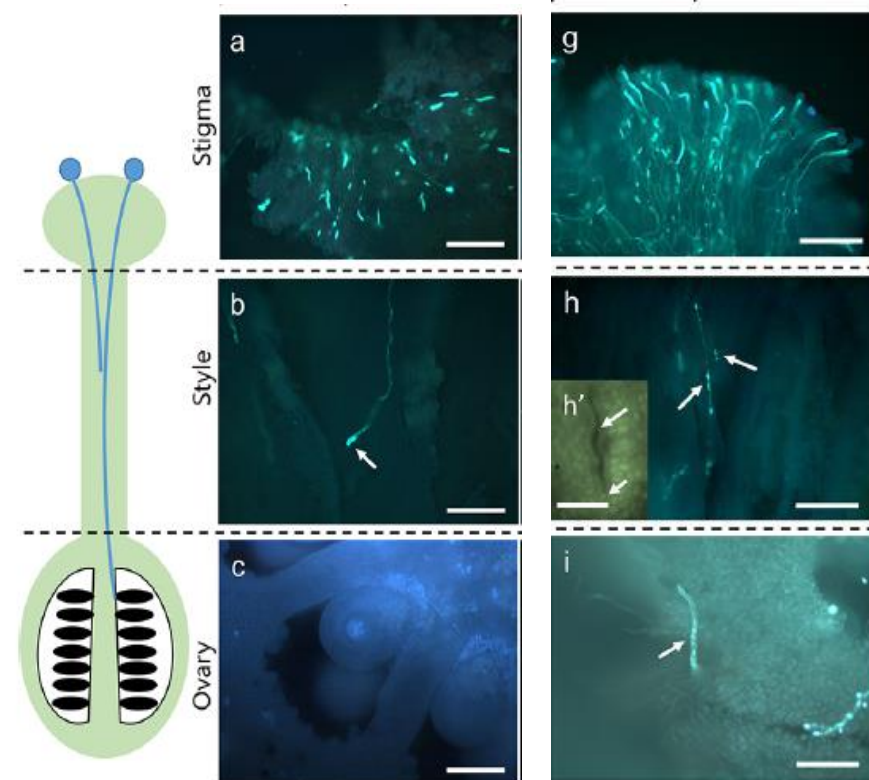
- Es un mecanismo natural para evitar endogamia y promover la hibridación con el objetivo de mejorar la progenie

# Sistemas reproductivos en cítricos

- Las condiciones ambientales afectan las reacciones de incompatibilidad:
  - ✓ Zona de activación en el pistilo
  - ✓ Pérdida excepcional de reacción

(Distefano et al., 2012, 2018, Aloisi et al., 2020)

Autopolinización de Clementina  
25 °C      15°C



(Aloisi et al., 2020)

# Sistemas reproductivos en cítricos

- Autocompatibilidad
- Esterilidad
- Autoincompatibilidad
- Partenocarpia

# Sistemas reproductivos en cítricos

## Partenocarpia

- Formación de frutos sin que exista fecundación → sin semillas
  - ✓ Obligada: cultivares que producen solo frutos sin semillas, ejemplo grupo Navel, Satsumas
  - ✓ Facultativa: ausencia de semillas sólo si se previene la polinización cruzada



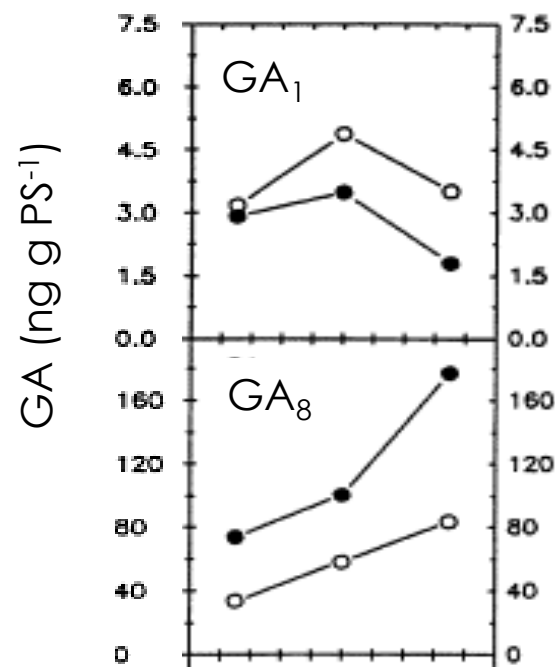
# Sistemas reproductivos en cítricos

## Capacidad partenocárpica

- Base genética
- Asociada a niveles de fitohormonas promotoras del crecimiento del fruto
  - ✓ GAs en el ovario estimulan el desarrollo partenocárpico
  - ✓ AIA libre y conjugación de ABA parecen estimularlo

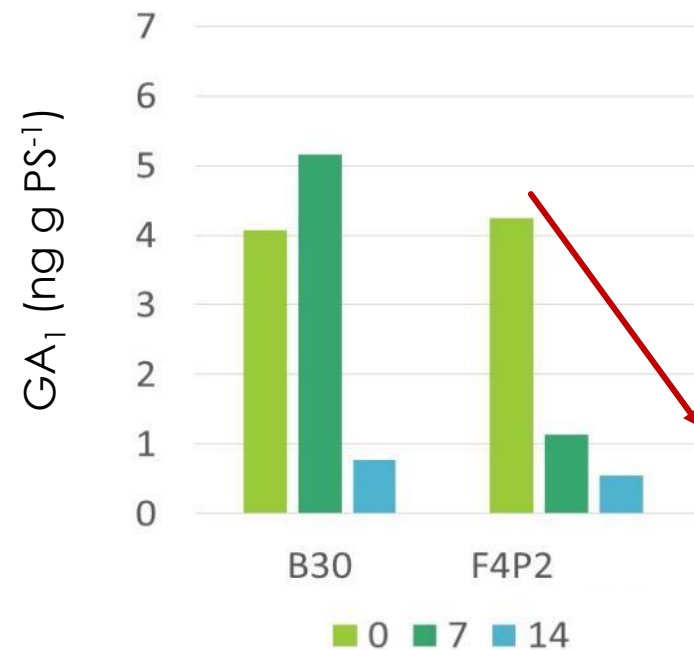
# Capacidad partenocárpica

Concentración de GAs en ovarios de Satsuma, alta (○) capacidad y Clementina, baja (●) capacidad



(Talón et al, 1992)

Evolución de GA<sub>1</sub> en ovarios de B30, alta capacidad y F4P2, baja capacidad



(Gambetta et al, 2021)

# Sistemas reproductivos en cítricos

¿Cuáles son los requisitos para producir frutos sin semillas?

- Autoincompatibilidad
- Partenocarpia: obligada o facultativa
- Si es facultativa → ausencia de polen compatible
- Conocer la capacidad de cuajado partenocárpico

# Manejo agronómico y sus limitaciones

## 1. Pre-plantación

- Autoincompatibilidad del cultivar de interés
- Intercompatibilidad entre cultivares próximos
- Distancia entre cultivares vs vuelo de abejas
- Cultivares “filtro”



# Manejo agronómico y sus limitaciones

## 1. Pre-plantación

- Información del cultivar y evaluación en las condiciones donde se va a plantar



# Manejo agronómico y sus limitaciones

## 1. Pre-plantación

- Autoincompatibilidad del cultivar de interés
- Intercompatibilidad entre cultivares
- Distancia entre cultivares vs vuelo de abejas
- Cultivares “filtro”

# Manejo agronómico y sus limitaciones

## 1. Pre-plantación

### Vuelo de las abejas

- En California las abejas pudieron transportar el polen de cítricos a una distancia de casi 1 km (Chao, 2005)
- En Uruguay, hay reportes de un recorrido de 6 km en busca de trébol rojo (desde soja) (Santos 2017)

# Manejo agronómico y sus limitaciones

## 1. Pre-plantación

- Autoincompatibilidad del cultivar de interés
- Intercompatibilidad entre cultivares
- Distancia entre cultivares vs vuelo de abejas
- Cultivares “filtro”

# Manejo agronómico y sus limitaciones

## 1. Pre-plantación

- Condiciones del cultivar filtro: estéril o al menos androésteril
- Respetar al menos la distancia que pueden recorrer las abejas

Presencia de semillas en 30 ha de mandarina Afourer rodeado de Satsumas y distanciados 600 m de Clemendor (fuente polinizante) en Uruguay (M. Lanfranco, 2021)

| Frutos sin semillas (%) | Frutos con 1-3 semillas (%) |
|-------------------------|-----------------------------|
| 70                      | 30                          |
| 60                      | 40                          |

# Manejo agronómico y sus limitaciones

## 2. Post-plantación

- Repelentes de abejas
- Productos químicos limitantes de la fecundación
- Mallas excluidoras de abejas

# Repelentes de abejas



1. Malla excluidora de abejas

2. GA+ Cu

3. Repelente a base de Zn

4. Repelente a base de esencia de *Capsicum annuum*

5. Polinización abierta (agua)

(Garmendia et al, 2021)

Efecto de 4 aplicaciones de caolinita durante el período de floración en mandarina Afourer (W.Murcott) en Uruguay (Rey et al, 2014)

| Tratamiento | % Frutos con semillas | Nº semillas/ fruto |
|-------------|-----------------------|--------------------|
| Control     | 90,0 c                | 3,35 a             |
| Caolinita   | 86,4 c                | 3,13 a             |
| Malla       | 2,6 a                 | 0,04 b             |

No es una alternativa comercial

# Manejo agronómico y sus limitaciones

## 2. Post-plantación

- Repelentes de abejas
- Productos químicos limitantes de la fecundación
- Mallas excluidoras de abejas

## Aplicación de químicos inhibidores de la fecundación durante la floración

- ✓ Sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ )
- ✓  $\text{GA}_3$
- ✓ Otros productos a base de azufre (S inorgánico,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$ )

## Aplicación de químicos inhibidores de la fecundación durante la floración

- Evaluación de la eficiencia del producto a tres niveles:

- ✓ Control *in vitro*

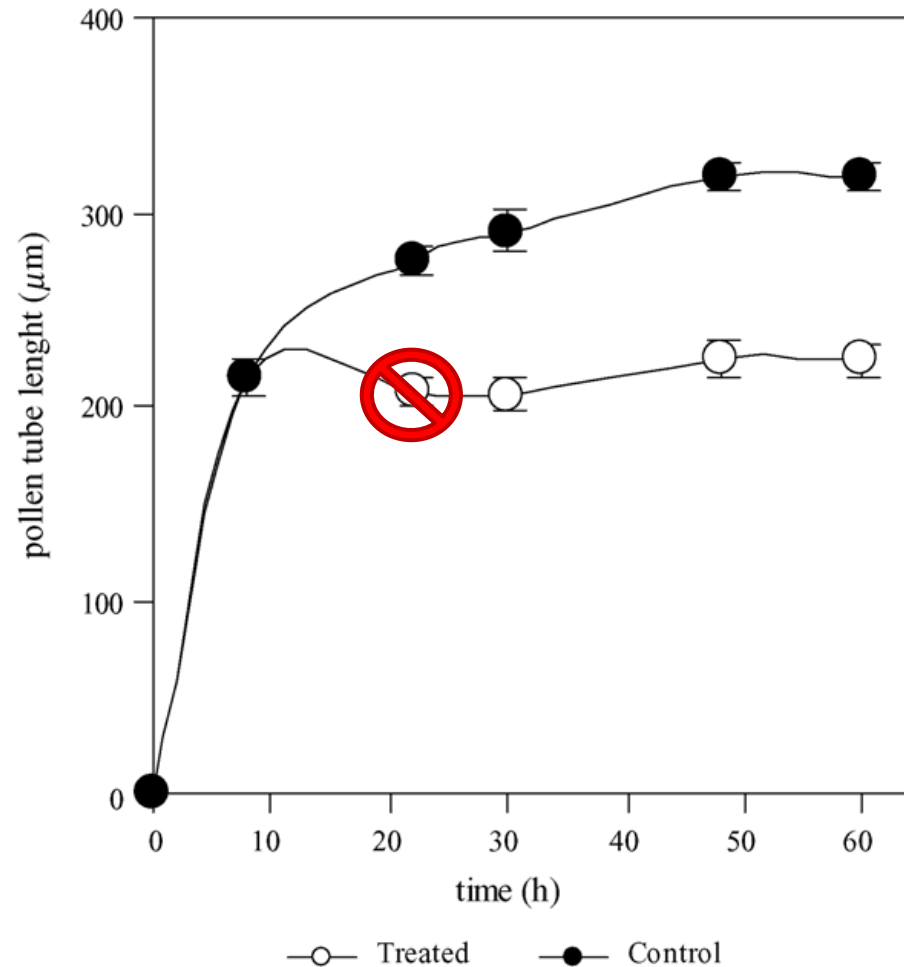
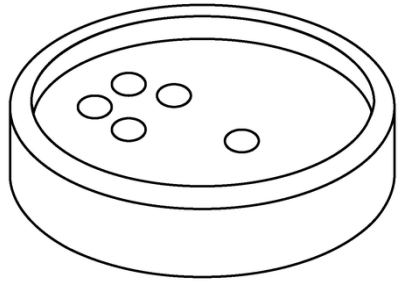
- ✓ Control en flores individuales

- ✓ Control en toda la planta

# Crecimiento *in vitro* del tubo polínico de mandarina Fortune con aplicación de $\text{CuSO}_4$ ( $25 \text{ mg l}^{-1}$ ) a las 8 hs post-germinación

(Mesejo et al., 2006)

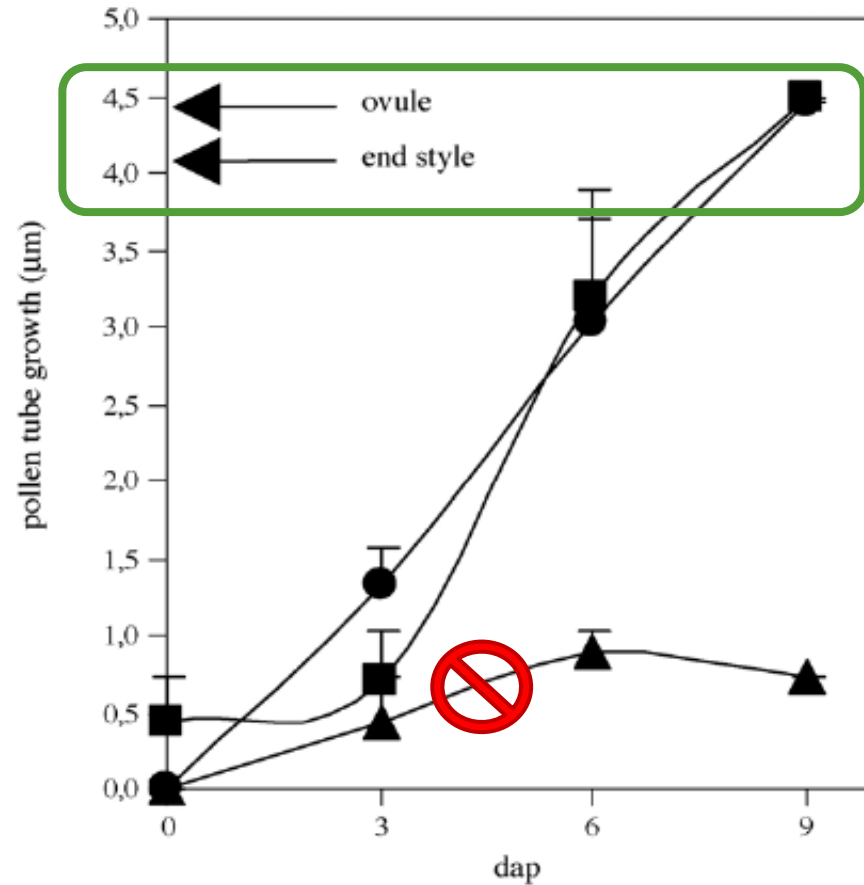
35



# Crecimiento *in vivo* del tubo polínico de mandarina Fortune con aplicación de $\text{CuSO}_4$ ( $25 \text{ mg l}^{-1}$ ) en flores de Clementina

(Mesejo et al., 2006)

36



Nº semillas/ fruto

24,6 c  
17,7 b

1,1 a

● pol    ■ pol + trt\*    ▲ trt + pol\*\*  
24 hs post    2 hs pre

# Aplicación de $\text{CuSO}_4$ a árboles de Afourer en libre polinización

(Mesejo et al., 2006)

37



|      | $\text{CuSO}_4$ (mg l <sup>-1</sup> ) | % frutos sin semilla | Nº semillas /fruto |
|------|---------------------------------------|----------------------|--------------------|
| 2003 | 0                                     | 48                   | 1,1                |
|      | 25                                    | 73                   | 0,5                |
| 2004 | 0                                     | 17                   | 3,7                |
|      | 25                                    | 70                   | 0,7                |

En Uruguay, combinando  $\text{GA}_3$  y  $\text{CuSO}_4$  se logró pasar de 19 a 31 % de frutos sin semillas (Gambetta et al., 2013) o de 46 a 68 % (Otero y Rivas, 2017)

## Aplicación de químicos inhibidores de la fecundación durante la floración

- Evaluación de la eficiencia del producto a tres niveles:
  - ✓ Control *in vitro*
  - ✓ Control en flores individuales
  - ✓ Control en toda la planta

Con los productos químicos evaluados hasta el momento no es una alternativa comercial → dificultad para cubrir todo el período de floración

# Manejo agronómico y sus limitaciones

## 2. Post-plantación

- Repelentes de abejas
- Productos químicos limitantes de la fecundación
- Mallas excluidoras de abejas

# Mallas perimetrales



# Mallas perimetrales

Resultados preliminares en predio comercial con baja presión de polen foráneo (Y. Pochintesta, 2020)

- Leve incremento del porcentaje de frutos sin semillas → de 43 % a 57 %
- Leve reducción del número de semillas por fruto → de 1,5 a 0,7

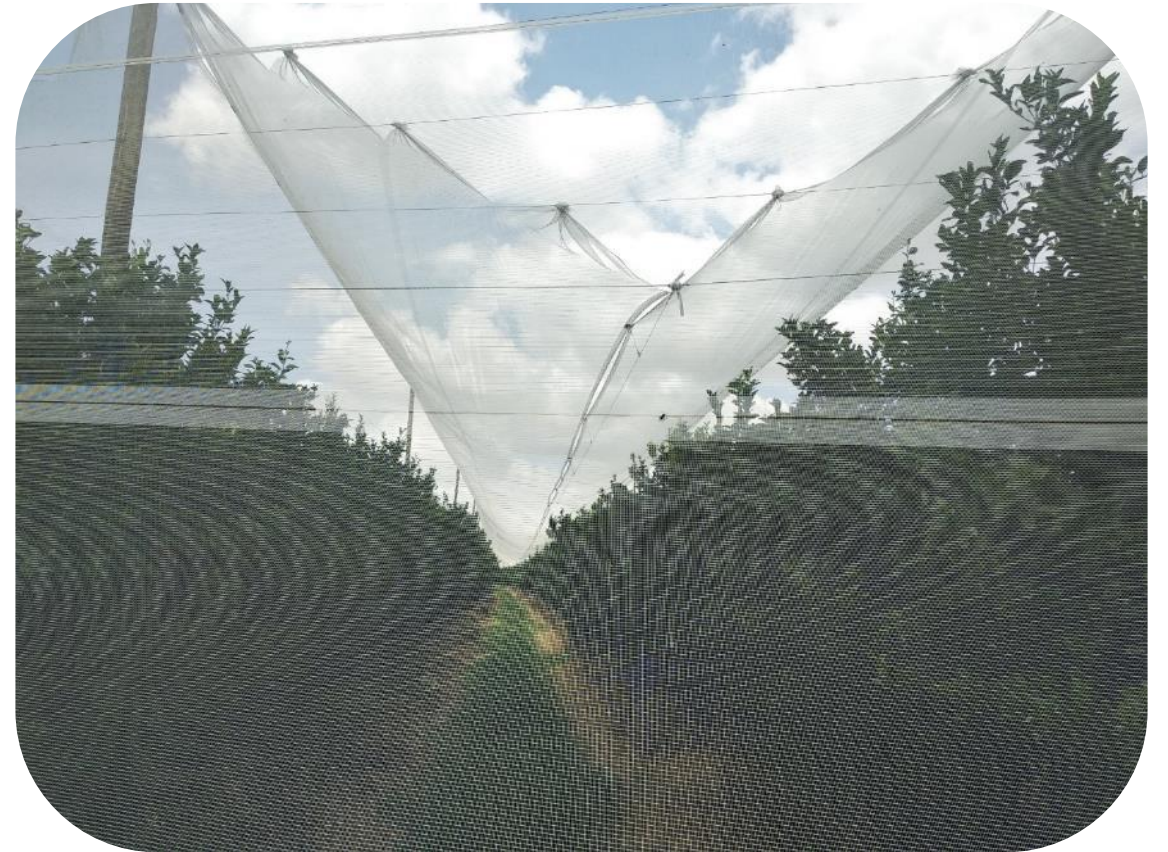
---

Información nacional sobre la actividad de abejas melíferas (Santos y Otero, 2017, Santos et al., 2018)

- ✓ En general vuelan hasta 3 m de altura
- ✓ Pueden sortear hasta 3 obstáculos para regresar, si hay más pueden perder su orientación

# Cerramiento completo con mallas: en evaluación

42



## Malla cubriendo la fila de árboles



# Malla cubriendo la fila de árboles

## Instalación y desinstalación manual de mallas



## Malla cubriendo la fila de árboles

Instalación  
mecánica de  
mallas



## Malla cubriendo la fila de árboles

¿Qué tipo de mallas usar?

Malla de 45 g m<sup>-2</sup>



# Evaluación de diferentes mallas excluyentes de abejas en la presencia de semillas y rendimiento de *Afourer* (Gravina et al., 2014)

47

Control: sin malla

M1: malla 45 g m<sup>-2</sup>

M2: malla 50 g m<sup>-2</sup>

M3: malla 100 g m<sup>-2</sup>



# Evaluación de diferentes mallas excluyentes de abejas en la presencia de semillas y rendimiento de Afourer (Gravina et al., 2014)

48

| Tratamiento                 | Número de frutos | Frutos con semillas (%) | Semillas en frutos con semillas | Semillas/100 frutos |
|-----------------------------|------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------|
| Testigo                     | 406              | 92                      | 4,2                             | 385                 |
| M1 (45 g m <sup>-2</sup> )  | 186              | 30                      | 2,4                             | 71                  |
| M2 (50 g m <sup>-2</sup> )  | 192              | 4                       | 2,0                             | 9                   |
| M3 (100 g m <sup>-2</sup> ) | 138              | 3                       | 2,0                             | 6                   |

El 3-4 % de frutos con semillas probablemente se deba a polinización desde afuera



## Evaluación de diferentes mallas excluyentes de abejas en la presencia de semillas y rendimiento de *Afourer* (Gravina et al., 2014)

50

| Tratamiento                 | Número de frutos | Frutos con semillas (%) | Semillas en frutos con semillas | Semillas/100 frutos |
|-----------------------------|------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------|
| Testigo                     | 406              | 92                      | 4,2                             | 385                 |
| M1 (45 g m <sup>-2</sup> )  | 186              | 30                      | 2,4                             | 71                  |
| M2 (50 g m <sup>-2</sup> )  | 192              | 4                       | 2,0                             | 9                   |
| M3 (100 g m <sup>-2</sup> ) | 138              | 3                       | 2,0                             | 6                   |

- También reportado en Chile: reducción del 10-30 % del rendimiento de *C. Oroval* (Martiz, 2022)

# Mejora de la productividad en condiciones de aislamiento de polinización cruzada en mandarino Afourer, bajo malla excluidora de abejas

(Gravina et al., 2016)

51

Control: con malla

G: GA<sub>3</sub> (50 mg l<sup>-1</sup>) en antesis

G+G: antesis + 30 DPA

A: anillado de tronco 30 DPA

G + A



# Malla cubriendo la fila de árboles

Aplicación de  $GA_3$  en floración a través de la malla



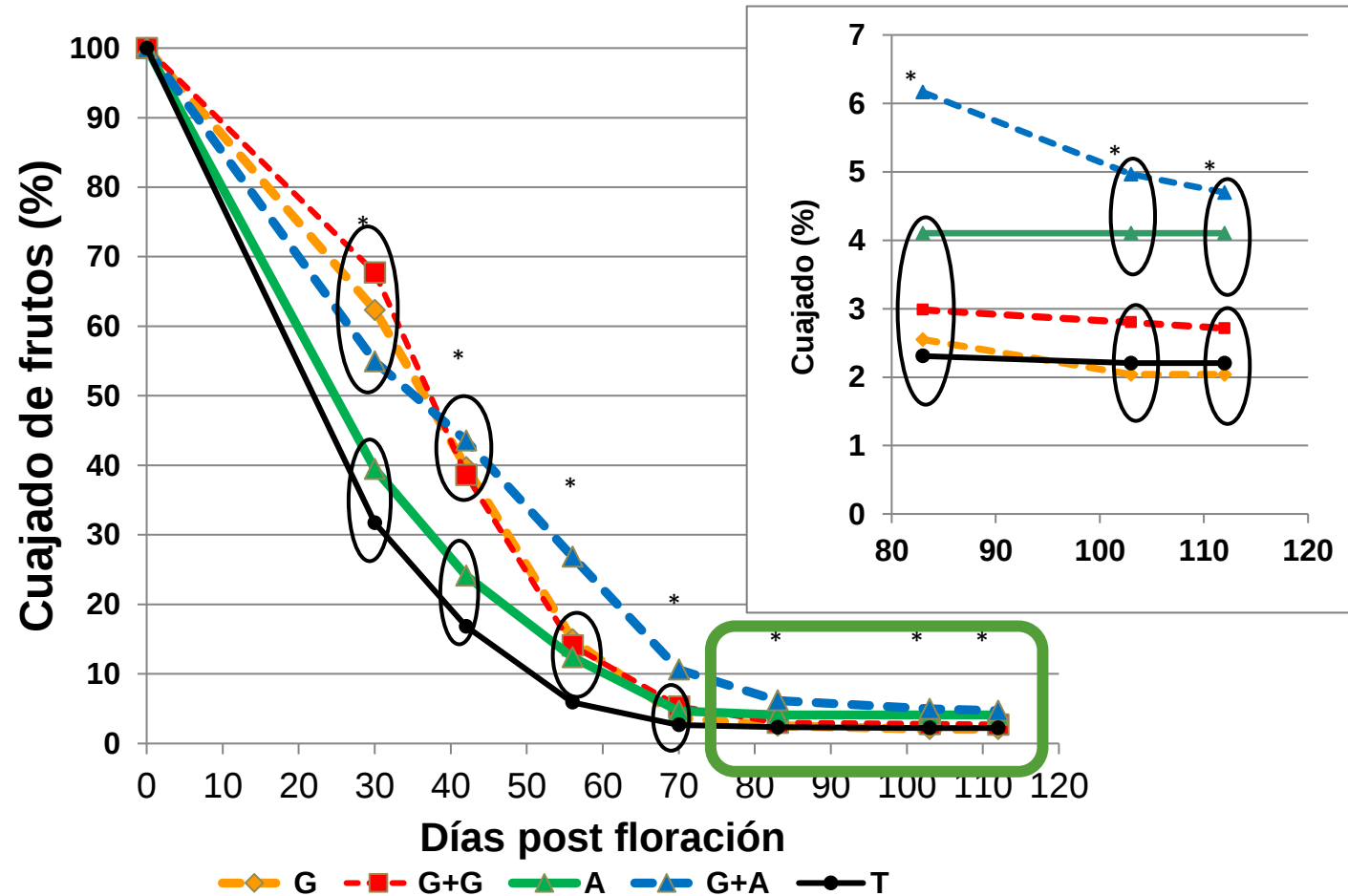


# Efecto de los tratamientos en el cuajado de frutos de mandarino Afourer bajo malla excluidora de abejas

(Gravina et al., 2016)

54

Floración: 180-  
200 flores/100  
nudos



# Efecto de los tratamientos en el los componentes del rendimiento de mandarina Afourer bajo malla excluidora de abejas

(Gravina et al., 2016)

| Tratamiento                                                | Nº frutos/ planta | Rendimiento (kg/planta) |
|------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------|
| Testigo                                                    | 408 bc            | 41 bc                   |
| GA <sub>3</sub> (50 mg l <sup>-1</sup> )                   | 375 c             | 37 c                    |
| GA <sub>3</sub> + GA <sub>3</sub> (50 mg l <sup>-1</sup> ) | 379 c             | 38 c                    |
| Anillado                                                   | 571 ab            | 59 ab                   |
| GA <sub>3</sub> + Anillado                                 | 677 a             | 67 a                    |
| Libre polinización                                         | 680               | 77                      |

# Efecto de los tratamientos en el los componentes del rendimiento de mandarino Afourer bajo malla excluidora de abejas

(Gravina et al., 2016)

56

**TESTIGO**



**GA<sub>3</sub> + ANILLADO**



# Síntesis

- Las flores de los cítricos son completas, permitiendo en la mayoría de los casos la auto o interpolinización
- La presencia de un polen viscoso y pesado y de un disco nectarífero, hace que la polinización sea fundamentalmente entomófila
- Los cítricos presentan mecanismos genéticos de esterilidad, autoincompatibilidad y capacidad partenocárpica, que permiten la obtención de frutos sin semillas

# Síntesis

- La esterilidad citológica o ginoesterilidad impiden la formación de semillas aun en condiciones de libre polinización
- La autoincompatibilidad y la capacidad partenocárpica permiten la producción de frutos sin semillas sólo en ausencia de polinización cruzada

# Síntesis

- Las condiciones ambientales pueden modificar las reacciones de incompatibilidad polen-estilo, permitiendo excepcionalmente la fecundación
- La capacidad partenocárpica se asocia fuertemente al contenido y evolución de GAs en el ovario durante los días pre y post antesis

# Síntesis

- Previo a la plantación debe considerarse:
  1. el sistema reproductivo de los cultivares a plantar y su posible intercompatibilidad
  2. el distanciamiento geográfico de cultivares polinizantes
  3. la disposición contigua de cultivares estériles como filtro a la llegada de polen compatible

# Síntesis

- En una plantación ya instalada:
  1. la aplicación de sustancias químicas inhibidoras de la fecundación, repelentes de abejas, o la colocación de mallas perimetrales, no han resultado eficientes para eliminar o reducir de forma comercialmente significativa la presencia de semillas

# Síntesis

2. la única medida altamente eficiente es la colocación de mallas excluidoras de abejas, previo a la apertura de flores y retiradas luego de finalizado el PEP
3. la producción de frutos partenocárpicos puede generar disminuciones del rendimiento, pudiendo levantarlo con la aplicación de  $GA_3$  en plena floración combinado con rayado de tronco 30-40 días post antesis

# PRODUCCIÓN DE FRUTOS CÍTRICOS SIN SEMILLAS: FUNDAMENTOS Y MANEJO AGRONÓMICO

**MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN**

**Ing. Agr. Dra. Giuliana Gambetta**  
[gambetta@fagro.edu.uy](mailto:gambetta@fagro.edu.uy)



# Efecto de la aplicación de GA<sub>3</sub> a flores de Clementina polinizadas con Fortune

(Mesejo et al., 2008)

64

| Tratamiento     | Fecha del tratamiento con GA3 (DPA) | Fecha de polinización (DPA) | Semillas/fruto |
|-----------------|-------------------------------------|-----------------------------|----------------|
| 2006            |                                     |                             |                |
| Control         | -                                   | + 2                         | 19             |
| GA <sub>3</sub> | - 7                                 | + 2                         | 9              |
| 2006            |                                     |                             |                |
| Control         | -                                   | 0                           | 25             |
| GA <sub>3</sub> | 0                                   | 0                           | 0              |
| GA <sub>3</sub> | +1                                  | 0                           | 11             |



# Efecto de 3 aplicaciones durante la floración de Afourer en libre polinización

(Garmendia et al., 2022)

65

