Tema 7: 🌸 POLINIZACIÓN EN ANGIOSPERMAS

📘 ÍNDICE TEMÁTICO DEL TEMA

1. **Tipos de polinización** (autogamia vs. alogamia)
2. **Polinización zoófila (por animales)**
   - Entomófila (insectos): cantarófila, melitófila, miófila, psicófila
   - Ornitófila (aves)
   - Quiropterófila (murciélagos)
   - Mamaliófila, batracófila, mirmecófila
3. **Polinización anemófila (por viento)**
4. **Polinización hidrófila (por agua)**
   - Epihidrofilia, hipohidrofilia y tipo mixto

🌼 BLOQUE 1 – TIPOS DE POLINIZACIÓN EN ANGIOSPERMAS

🔷 ¿Qué es la polinización?

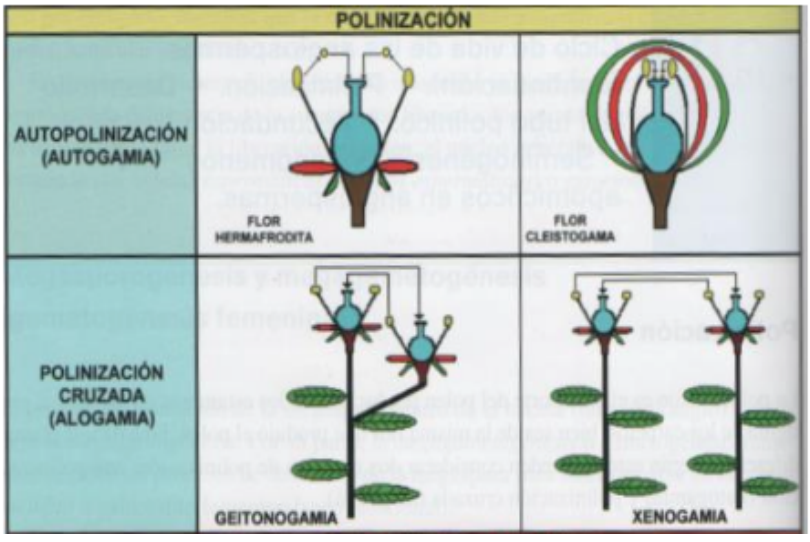
Es el proceso por el cual los **granos de polen** (producidos en las anteras del estambre, equivalente masculino en la reproducción) **llegan al estigma del gineceo** (parte terminal del pistilo que recibe el polen), donde puede iniciarse la fecundación.

Este transporte puede darse dentro de una misma flor o entre flores distintas, y lo realizan **agentes bióticos (organismos vivos) o abióticos** (factores no vivos).

🔶 Tipos básicos de polinización:

1. Autopolinización (autogamia)

- El polen **fecunda el óvulo de la misma flor** o de otra flor del mismo individuo.
- Es típica de plantas **autógamas**.
- Dos subtipos:
  - **Flor hercógama**: presenta barreras físicas que evitan la autofecundación.
  - **Flor cleistógama**: no se abre nunca; se autofecunda cerrada.



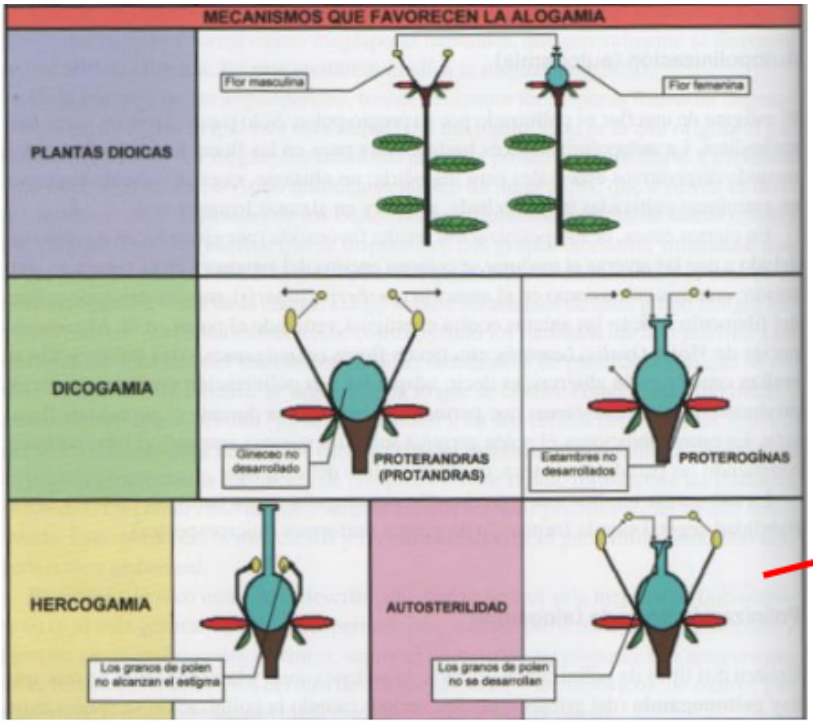
2. Polinización cruzada (alogamia)

- Reproducción sexual donde el polen de una flor fecunda un óvulo de otra flor de la misma planta, esto se conoce como geitonogamia). Cuando el polen de la flor de una planta fecunda a otra flor de otra planta se conoce como xenogamia.
- Esto favorece la **variabilidad genética**.

Mecanismos que favorecen la alogamia

1. **Dicogamia**
   - El androceo y el gineceo **maduran en momentos distintos**.
- Subtipos:
  - **Protandria**: maduran antes los estambres.
  - **Protoginia**: madura antes el gineceo.

2. **Herco-gamia**:
   - Separación espacial de estambres y estigmas para impedir la autopolinización.
3. **Incompatibilidad genética:**
   - Aunque llegue polen propio, **no puede fecundar** por barreras fisiológicas.



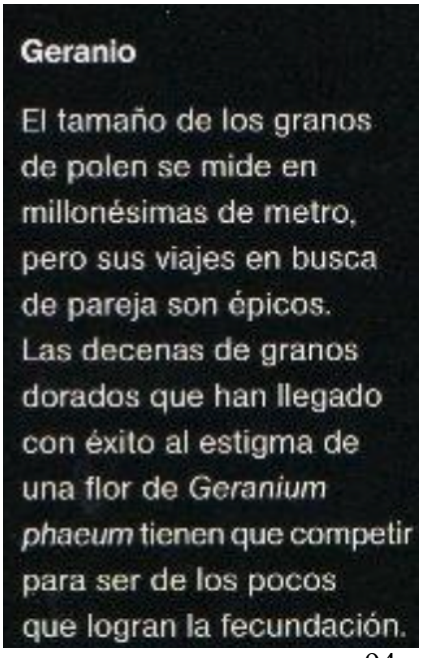
Agentes polinizadores:

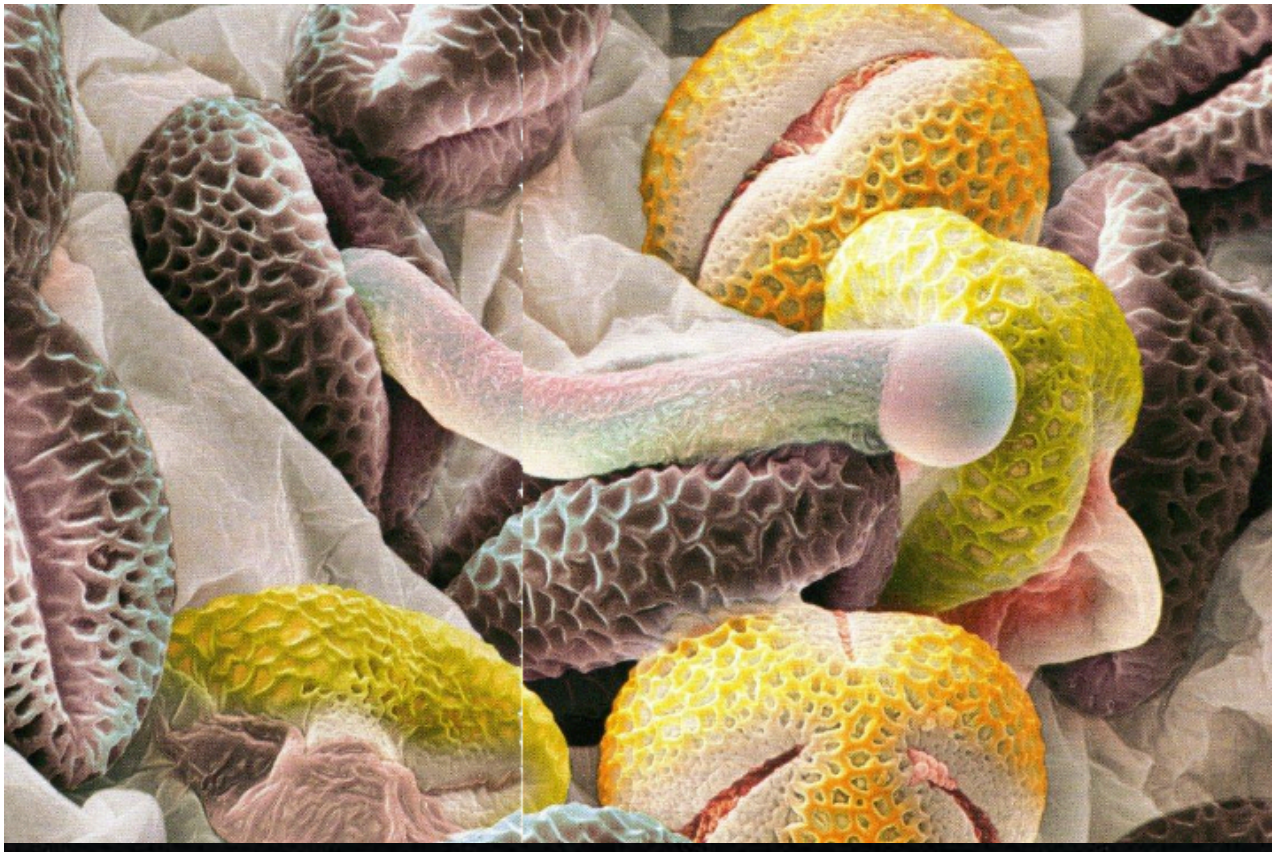
Según qué agente transporta el polen, se distinguen tres grandes tipos:

TIPO DE POLINIZACIÓN	AGENTE POLINIZADORES	EJEMPLO DE PLANTAS
Zoófila	Animales	flores vistosas, con néctar y olor
Anemófila	Viento	flores pequeñas, sin pétalos ni olor
Hidrófila	Agua	plantas acuáticas específicas

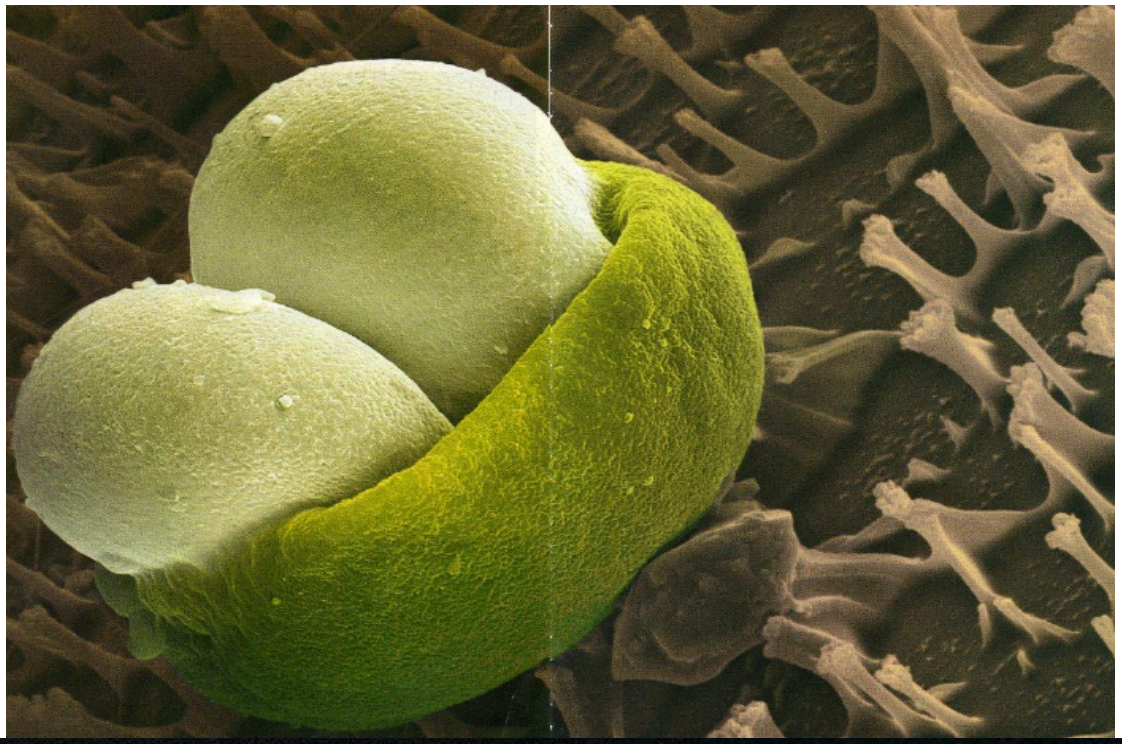
⇒ **Vamos a dar un pequeño recorrido por algunos tipos de pólenes, son realmente bellos cundo se ven en un microscopio de superresolución.**







Alojados en el tejido arrugado del estigma de *Viburnum tinus*, los granos de polen de otras flores de durillo (en gris) se hinchan con la humedad. Uno de ellos (en el centro) ya está desarrollando el tubo polínico que transporta las células espermáticas hasta el primordio seminal. El polen de otras especies (en amarillo y en verde) ha fallado el objetivo; las defensas genéticas lo excluyen de la carrera por la fecundación.



El polen de los pinos cubre los coches con un polvillo amarillo verdoso, aunque este grano en particular ha aterrizado sobre el huevo de un insecto que aún no ha eclosionado. El polen de estos árboles flota en el aire sustentado por sus dos vesículas aeríferas, y es una condena para los alérgicos de casi todo el mundo, ya que llega a alcanzar elevadas concentraciones, como ha sucedido desde hace millones de años.



Hay polen de muchas formas y tamaños. El grano de polen del centro es de calabaza. A su lado, hacia abajo hay una diminuta mota que corresponde a un grano de polen de "***Myosotis***".



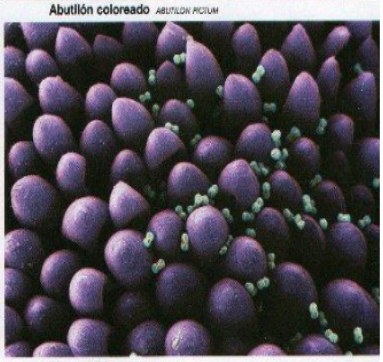
Trébol blanco *TRIFOLIUM REPENS*



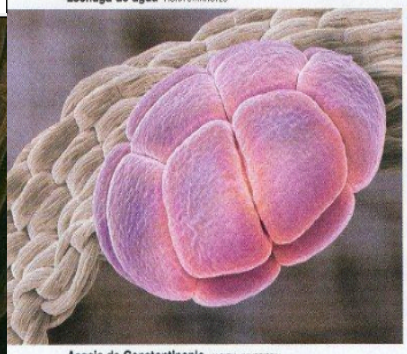
Abutilón coloreado *ABUTILON PICTUM*



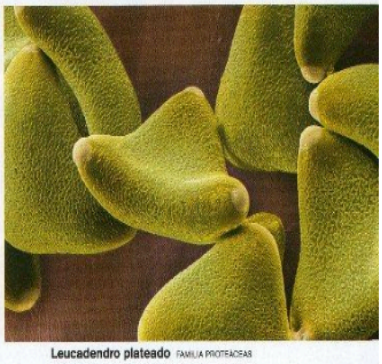
Lechuga de agua *PISTIA STRATIOTES*



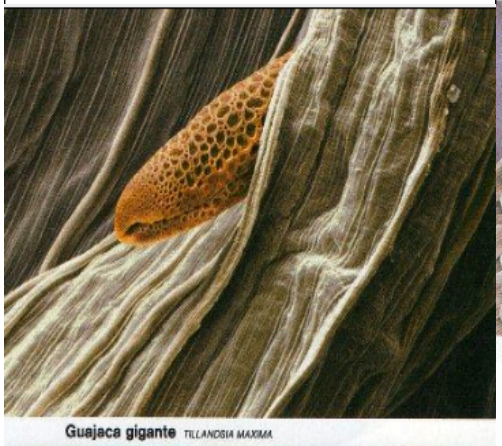
Nomeolvides *MYOSOTIS SYLVATICA*



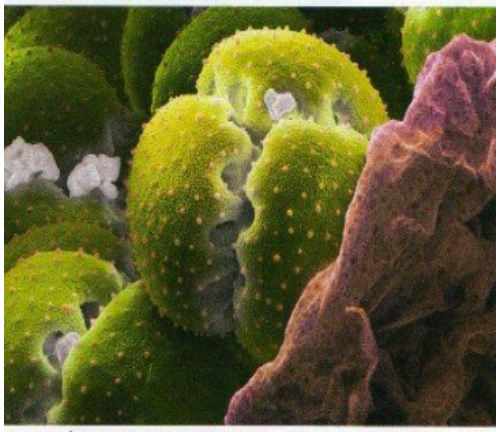
Acacia de Constantinopla *ALBIZIA JULIBRISSIN*



Leucadendro plateado *FAMILIA PROTEACEAS*



Guajaca gigante *TILLANDSIA MAXIMA*



Atrapamoscas *DIONAEA MUSCIPULA*



Crino japonés *CRINUM JAPONICUM*

FORMA Y FUNCIÓN

Los granos de polen de las plantas primitivas eran como pequeños planetas arrastrados en un universo ventoso. Con el tiempo, la evolución los ha diversificado al máximo. El polen, rico en proteínas, del trébol blanco (arriba, izquierda) es un alimento importante para las abejas, como el néctar. Las púas del polen del *abutilón coloreado* (arriba, centro) posibilitan un mejor agarre a las plumas de las aves.

El pliegue en el polen de la *guajaca gigante* (arriba, derecha) le permite encogerse cuando se seca, o hincharse con la humedad, sin romperse. Los surcos en el polen de la *lechuga de agua* (centro, izquierda) son un rasgo inusual, aunque la planta es común desde Egipto hasta Argentina. Los granos de polen del *nomeolvides* (centro, coloreados de turquesa) son de los más diminutos que se conocen. con un diámetro de cinco milésimas de milímetro. Los del *atrapamoscas* (centro, derecha) y la *acacia de Constantinopla* (abajo, izquierda) son 15 veces más grandes.

No hay relación directa entre el tamaño de la planta y el del polen.

El polen del *leucadendro plateado* (abajo, centro) tiene un revestimiento adhesivo que se pega a los animales que lo transportan. El del *crino japonés* (abajo, derecha) está rodeado de pétalos vistosos que atraen a los insectos. Algunas morfologías parecen fáciles de explicar. Otras son un enigma.

🐝 BLOQUE 2 – POLINIZACIÓN ZOÓFILA (por animales)

🔷 ¿Qué es la polinización zoófila?

Es aquella en la que los **animales transportan el polen** desde las anteras (parte terminal del estambre) hasta el estigma puerta de entrada del polen a las plantas). Puede incluir insectos, aves, murciélagos, mamíferos e incluso anfibios.

En todos los casos, la flor presenta **mecanismos de atracción**:

- **Ópticos**: color, forma, brillo, señales de néctar, simetría.
- **Químicos**: aromas, néctar, feromonas.
- **Táctiles**: texturas, presencia de plataformas o espolones.

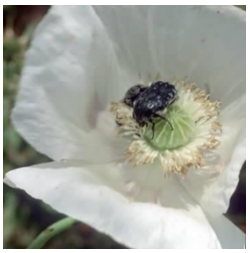
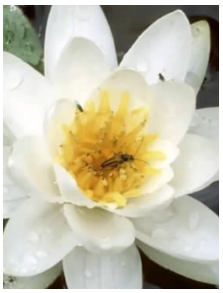
🐞 2.1. Entomofilia – polinización por insectos

Subtipos según el insecto:

SUBTIPO	INSECTO PRINCIPAL	CARACTERÍSTICAS DE LA FLOR
Cantarofilia	Escarabajos	Reclamo: blancas o verdes, grandes, robustas y muy olorosas. Con mucho polen o néctar.
Melitofilia	Abejas, himenópteros	Amarillas, azules, con señales de néctar, forma bilabiada "anariposadas"
Miófilia	Moscas	Heterogéneas; inodoras o con olor a carne en descomposición (flores trampas).
Psicofilia	Mariposas	Tubulares, erectas, con colores claros, abiertas por la tarde/noche

📸 Ejemplos ilustrados:

- Flores **cantarófilas** (ej. nenúfares) y sus polinizadores.

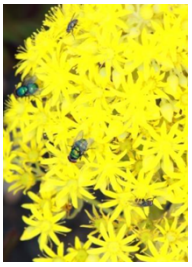
- **Melitofilia**: flores "amariposadas" como *Lathyrus*, *Trifolium*, *Cytisus*.

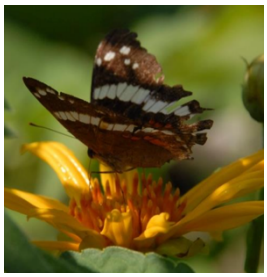






- **Miófilas** como *Aristolochia* y *Rafflesia*, que usan "flores trampa".




- **Psicofilia** con mariposas y flores de corola estrecha o nocturnas (*Lonicera*, *Brugmansia*, *Buddleja*…).

🧠 Existen también fenómenos fascinantes como:



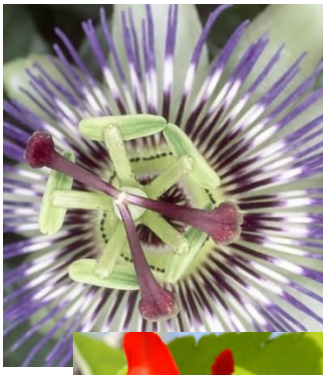

- **Señales por medio de luz Ultravioleta** que emiten las plantas y que son visibles solo para los insectos, ya que ellos no ven los colores igual que nosotros. Para ellos tienen patrones en sus pétalos y labelo que son visibles bajo luz ultravioleta pero invisibles para el ojo humano. Estos patrones pueden consistir en puntos, líneas, áreas oscuras o claras que contrastan bajo la luz UV.



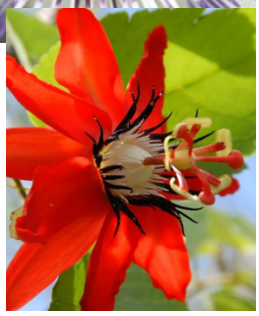
•**Polinización engañosa** en orquideas (*Orchidaceae*): estas flores que imitan a las hembras de insectos para atraer a los machos y lograr la transferencia de polen. Para ello imitan forma, tamaño, color y textura. También emiten aromas que imitan las feromonas sexuales de las hembras.

🪼 2.2. Ornitofilia – polinización por aves





- Colibríes, aves nectarívoras.
- Flores rojas, tubulares, sin olor, pero con gran cantidad de néctar.



- No tienen plataformas de aterrizaje, por lo que las aves quedan suspendidas en vuelo.
    - Ejemplos: *Heliconia*, *Hibiscus*, *Passiflora*.

🦇 2.3. Quiropterofilia – polinización por murciélagos solo en los trópicos



- Flores grandes, resistentes, de colores oscuros.
- Relevan a los pájaros al abrirse por la noche y emitir **olor a fruta fermentada** con gran cantidad de néctar.
-
- Ejemplos: *Adansonia* (baobab), *Carnegiea*, *Kigelia*.



🐭 2.4. Mamaliofilia y otros



- Ejemplo: **opossum** polinizando *Banksia* en Australia.
- También hay **batracofilia** (anfibios) y **mirmecofilia** (hormigas), aunque muy poco frecuentes.



🌿 BLOQUE 3 – <u>POLINIZACIÓN ANEMÓFILA (por viento)</u>

🔷 ¿Qué es?

Es la polinización que ocurre cuando el **viento transporta el polen** desde las anteras de una flor hasta el estigma de otra. No hay intervención animal, y suele ser **un proceso aleatorio y masivo**.

Las flores anemófilas son de colores pálidos, relativamente inodoras y no producen néctar. Sus pétalos son pequeños o inexistentes y a menudo los sexos se encuentran en pies separados (dioicas). Normalmente presentan unos estambres muy expuestos y el polen es producido en grandes cantidades, por lo que es de los peores para las alergias; por lo general es liso, pequeño y no se agrega como en el caso de las flores entomófilas.

🔶 Características de las plantas anemófilas:

CARACTERÍSTICA	DETALLE
Flores pequeñas	Poco vistosas, sin pétalos llamativos
Sin néctar ni aroma	No necesitan atraer animales
Estambres largos	Sobresalen al aire para liberar polen
Estigmas plumosos	Amplia superficie para captar granos de polen
Polen abundante y liviano	Seco, no viscoso, con gran capacidad de dispersión
Agrupación en inflorescencias	Muchas flores juntas en amentos, espigas o panículas

🔶 Ejemplos de familias con polinización anemófila:

- **Fagaceae**: robles, hayas, encinas.
- **Betulaceae**: abedules, alisos.
- **Poaceae**: gramíneas como el trigo, maíz, arroz.
- **Cupressaceae**: cipreses.



📍 *Esta es una imagen representativa de un bosque templado con polinización anemófila.*

🔶 Estructuras adaptadas:

- **Amentos**: inflorescencias colgantes y móviles que favorecen la liberación del polen.



- **Flores unisexuales**: muchas veces, las flores masculinas y femeninas están en estructuras distintas para facilitar la dispersión cruzada.

📌 Esta estrategia es más frecuente en ambientes:

- **Abiertos**, sin obstáculos (praderas, coníferas)
- **Templados o fríos**, donde los insectos escasean
- Donde el **costo de fabricar recompensas florales** (néctar, pigmentos) no compensa

💧 BLOQUE 4 – POLINIZACIÓN HIDRÓFILA (por agua)

🔷 ¿Qué es?

Es el proceso en el que el **agua actúa como medio de transporte** para los granos de polen desde la flor masculina hasta la femenina. Es mucho menos común que la zoófila o anemófila.

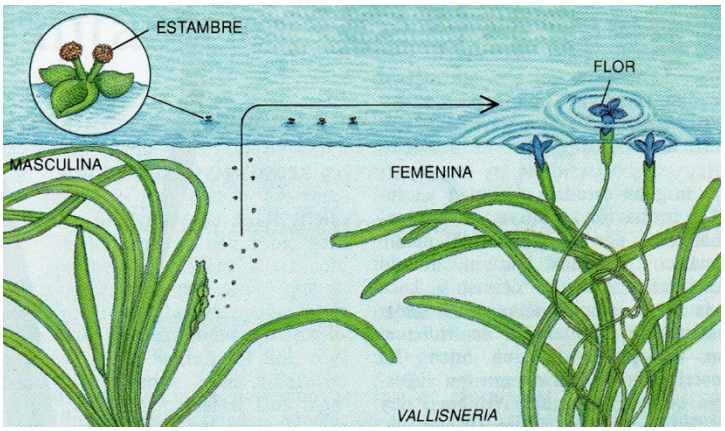
🧠 Se da exclusivamente en **plantas totalmente adaptadas al medio acuático**, como ***Vallisneria, Zostera, Elodea, Ceratophyllum*** *o* ***Posidonia***.

🔶 Tipos principales:

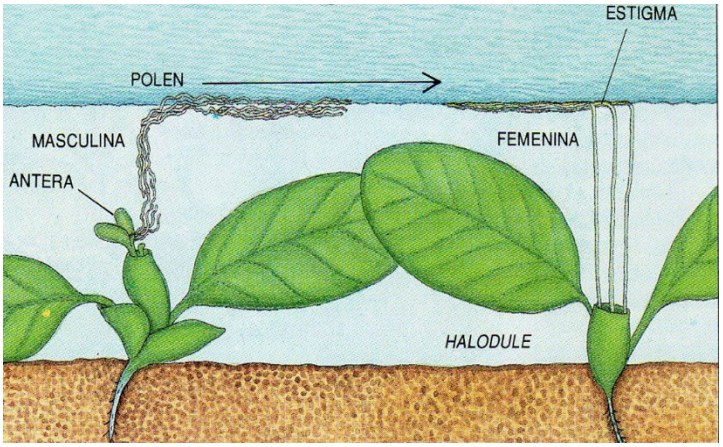
1. **Epihidrofilia**

- El polen se **libera en la superficie del agua**.
- Las flores masculinas flotan y **viajan por la superficie** hasta encontrar las femeninas.

📌 **Ejemplo de polinización por encima de la superficie**: Esta es una de las estrategias reproductoras de las plantas hidrófilas (polinizadas en el agua). Los granos de polen sobresalen a la superficie y son transportados por las flores masculinas flotantes hasta que caen en las flores femeninas, fecundándolas.
Emplean este método: *Enhalus, Lagarosiphon y Vallisneria*.

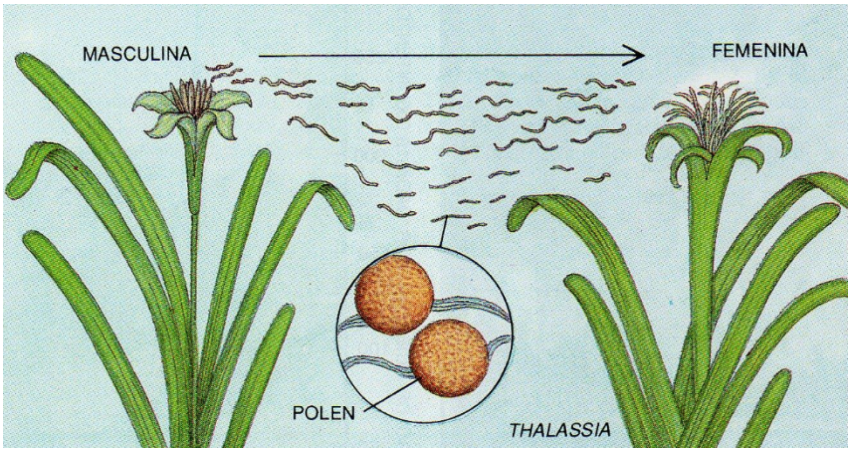


📌 **Ejemplo de polinización en la superficie del agua**: Este es el segundo método de estrategia reproductora. Algunas especies liberan polen filamentoso u oval, con el fin de formar balsas polínicas; otras envuelven su polen esférico en tubos longilíneos. Los estigmas tienden a ser filamentosos en las especies marinas (*Amphibolis* y *Halodule*) y con
aspecto de copa en las de agua dulce (*Ruppia* y *Lepilaena*).



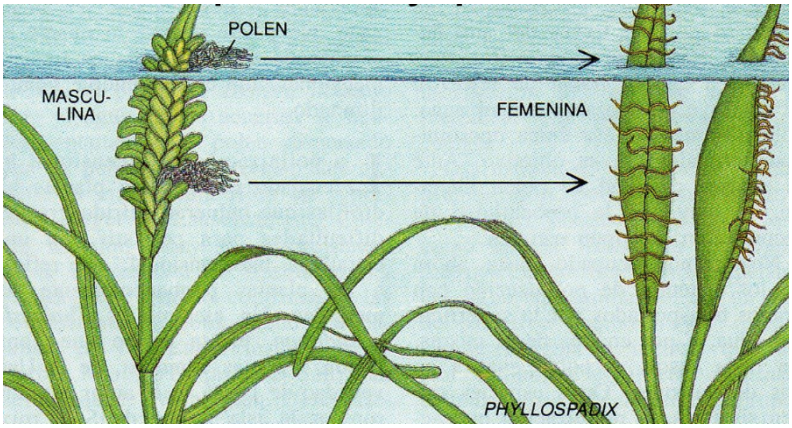
2. **Hipohidrofilia**

- El polen se transporta **bajo el agua**, sin llegar a la superficie.
- Fluye con las corrientes hasta los estigmas.



📌 **Ejemplos**:
• *Zostera marina* (hierba marina)
• *Posidonia oceanica* (endémica del Mediterráneo)
• *Ceratophyllum*, *Najas*
→ Características del polen:
• **Filamentoso y viscoso**
• A menudo con **estructuras dentadas** que facilitan el enganche al estigma

3. Estrategia mixta



- Algunas especies acuáticas como *Phyllospadix* y *Zostera*, combinan algunos elementos de ambas estrategias. El polen puede desplazarse parcialmente bajo el agua y luego emerger o viceversa.
- El polen de superficie tiende a ser algo más filamentoso que el polen submarino. La liberación subacuática acontece en las zonas submareales, es decir, en aquellas poblaciones que nunca alcanzan la superficie, ni siquiera durante las mareas bajas.

✅ **Resumen del bloque:**

TIPO	MEDIO DE TRANSPORTE	DIRECCIÓN	EJEMPLO
Epihidrofilia	Superficie del agua	flotando	*Vallisneria*
Hipohidrofilia	Sumergido (corrientes)	bajo el agua	*Zostera*, *Posidonia*
Mixto	Combinado	variable	Algunos *Najas* o *Ceratophyllum*

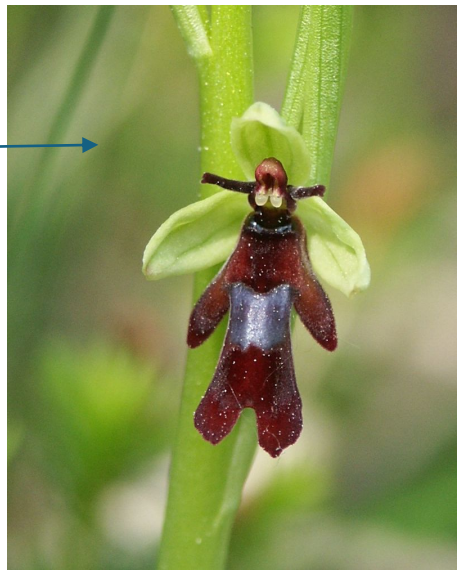
La fecundación de algunas **orquídeas por abejas** (sobre todo en el género *Ophrys*) es **uno de los casos más fascinantes de coevolución y engaño reproductivo en la naturaleza**. Por ello es importante no pasarlo por alto.

🐝🌸 FECUNDACIÓN DE LAS ORQUÍDEAS POR ABEJAS: EL CASO OPHRYS

🔹 1. ¿Qué es el género Ophrys?

- Es un grupo de orquídeas europeas que incluye especies como *Ophrys apifera*, *O. speculum,* O *Ophrys insectifera*.





- También se llaman "orquídeas abeja" porque **imitan el aspecto y el olor de hembras de ciertos insectos**, sobre todo abejas y avispas.

🔹 2. Mecanismo de engaño (polinización por pseudocopulación)

A. Imitación visual

- El **labelo** (el pétalo modificado que actúa como plataforma) **se parece a la hembra del insecto**: forma, color, vellosidad, brillo.

B. Imitación química

- La orquídea **emite feromonas sexuales** idénticas a las que libera la hembra del insecto.

C. El macho se confunde

- El macho de la abeja (o avispa) **intenta copular con la flor** (esto se llama **pseudocopulación**).
- Durante el intento, **su cabeza o tórax entra en contacto con los polinios** (estructuras compactas que contienen el polen).

D. Transporte del polen

- Al abandonar la flor, **el polinio queda pegado** al insecto gracias a una especie de "disco adhesivo" (retináculo).
- Cuando el insecto va a una segunda flor, repite el intento de cópula y **deposita el polen en el estigma**, fecundando la flor.



🔹 3. ¿Qué tiene de especial?

- **No hay recompensa**: ni néctar ni polen nutritivo.
- Es un caso de **engaño sexual puro**, donde la planta **usa el comportamiento del insecto a su favor**.
- Algunas especies incluso **coinciden en época de floración con la fase sexual activa del insecto**, lo que maximiza la eficacia del engaño.

🔹 4. Resultado final

- Se completa la **fecundación cruzada**, con todas las ventajas genéticas que eso implica.
- La orquídea **no gasta recursos** en producir néctar.
- El insecto engañado sigue siendo **vehículo involuntario de reproducción**.
